

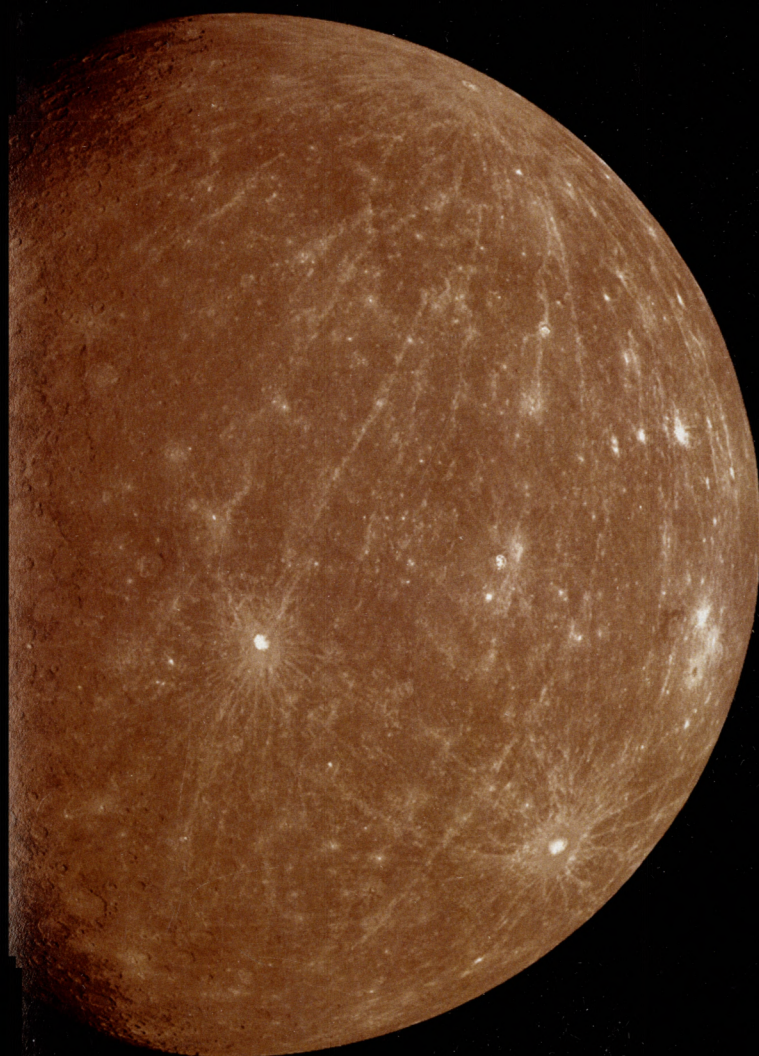
ISSN 0044-3948

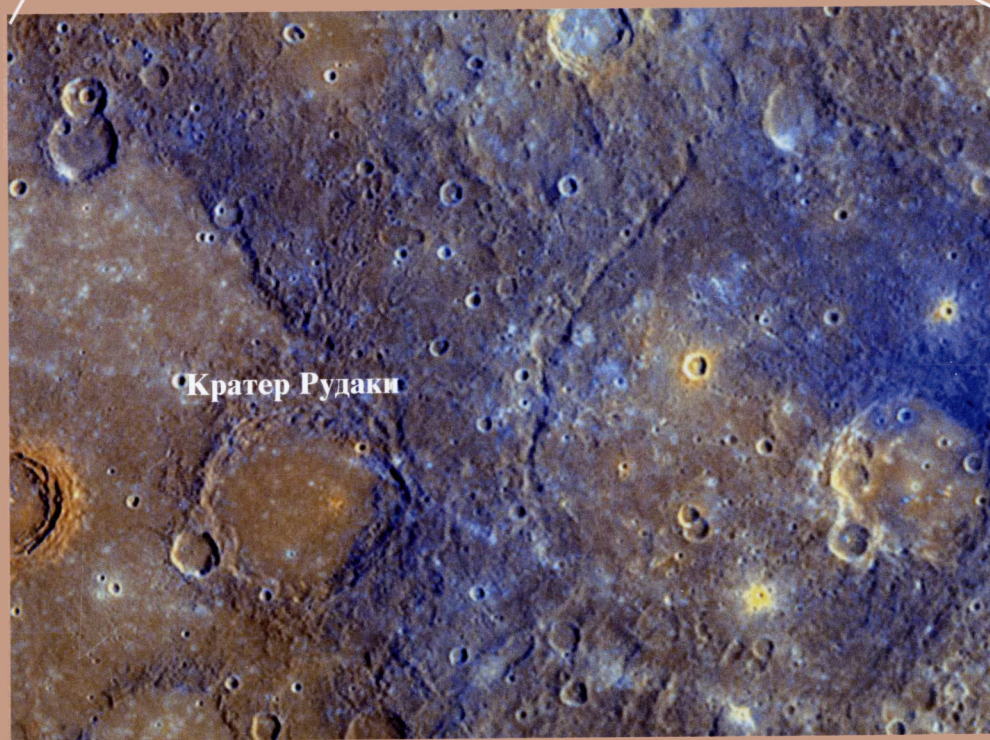
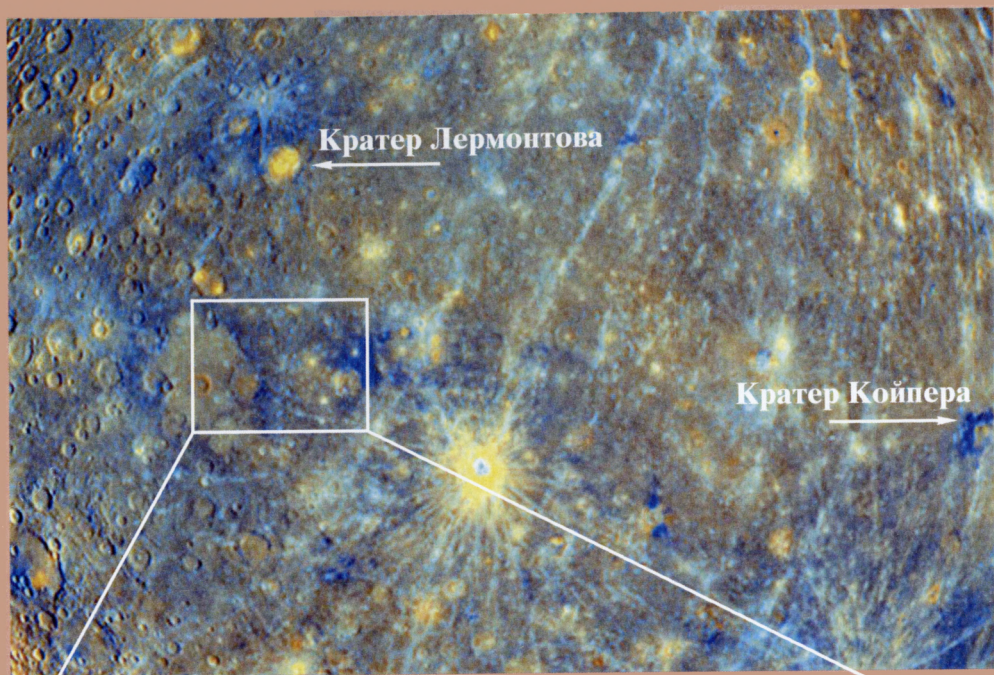
ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

АСТРОНОМИЯ
КОСМОНАВТИКА
ГЕОФИЗИКА

МАРТ – АПРЕЛЬ

2/2009

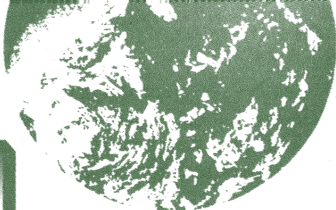




Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
6 раз в год
“Наука”
Москва

Земля и Вселенная

2/2009



Новости науки и другая информация:

Солнце в октябре–ноябре 2008 г. [15]; Восемнадцатая основная экспедиция на МКС [46]; Сверхмощный суперкомпьютер Гидрометцентра [47]; Новая выставка в ИКИ РАН [51]; Что происходит в центре Галактики [60]; 33-й Международный геологический конгресс [75]; Экзопланета у β Живописца [77]; Взаимодействующие галактики в Ките [78]; 22-й полет “Индево-ра” [92]; Новое об экзопланетах [109]; Метеорологические рекорды ноября и декабря 2008 г. [110]; Азиатско-Тихоокеанское космическое агентство [111].

Новые книги: Пособие по астрономии (В.Г. Черный, В.И. Майорова. “Астрономия в космонавтике”) [79]; “Книга о Луне” (С.И. Дубкова) [80].

В номере:

- 3 АГАРОНЯН Ф.А., ЧЕРНЯКОВА М.А. Небо в гамма-лучах
- 18 ДУБРОВИЧ В.К. Первичные молекулы в “Темную эпоху”
- 30 МОХОВ И.И., ХОН В.Ч. Перспективы Северного морского пути (по данным моделирования)
- 36 БЕЛЯКОВ А.С. Феномен подземного звука

ЛЮДИ НАУКИ

- 48 Памяти Жака Пикара
- 50 Памяти Юрия Николаевича Глазкова
- 52 ЕРЕМЕЕВА А.И. Пьер Симон Лаплас

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- 61 АНАНИЧЕВА М.Д., НОВЕНКО Е.Н., КОЛОСОВ В.А. Факты и тенденции в географической науке (31-й Географический конгресс в Тунисе)
- 68 ЧЕПУРОВА В.М. Очередной съезд АстроО

ИЗ НОВОСТЕЙ ЗАРУБЕЖНОЙ КОСМОНАВТИКИ

- 81 ГЕРАСЮТИН С.А. Полеты межпланетных станций и научных спутников

АЭРОКОСМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 95 ПОЛТАВЕЦ Г.А., КАНТЕМИРОВ Б.Н. Юбилей ВАКО “Союз”

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 103 ЧУЛКОВ Д.А. Небесный календарь: май–июнь 2009 г.



© Российская академия наук
© Редколлегия журнала
“Земля и Вселенная” (составитель), 2009 г.

Zemlya i Vselennaya (Earth and Universe); Moscow, Maronovsky per., 26, f. 1965, 6 a year; by the Nauka (Science) Publishing House; Joint edition of the Russian Academy of Science; popular; current hypotheses of the origin and development of the Earth and Universe; astronomy, geophysics and space research; Chief Editor V.K. Abalakin; Deputies Editors V.M. Kotlyakov, E.P. Levitan

На стр. 1 обложки: Восточное полушарие Меркурия. Снимок сделан во время второго пролета АМС "Мессенджер" с расстояния 24 тыс. км (разрешение – 5 км). 6 октября 2008 г. JPL, NASA (к статье С.А. Герасютина).

На стр. 2 обложки: Участок поверхности Меркурия (координаты 42° ю.ш. и 310° в.д., размер изображения – 4 тыс. км, разрешение – 0.8 км), сфотографированный 6 октября 2008 г. АМС "Мессенджер". Цвета условные: синим обозначены молодые породы, красным – более старые. Диаметры кратеров: Койпера – 62 км, Лермонтова – 152 км, Рудаки – 120 км. Рамкой выделен фрагмент поверхности размером 620 км (разрешение – 500 м), он отдельно показан внизу. Фото JPL, NASA (к статье С.А. Герасютина).

На стр. 3 обложки: Член экипажа КК "Индевор" (STS1-126) астронавт С. Боуэн во время первого выхода из американского сегмента МКС в открытый космос. 18 ноября 2008 г. Фото NASA (к стр. 92).

На рис. 4 обложки: Центральная область нашей Галактики с гигантскими газопылевыми облаками и скоплениями звезд. Синтезированное изображение получено в трех спектральных полосах. Телескопы VLT и APEX (Чили). 18 ноября 2008 г. Фото ESO (к стр. 60).

In This Issue:

- 3 AGARONYAN F.A., CHERNYAKOVA M.A. Sky in the Gamma-Rays
- 18 DUBROVITCH V.K. Initial Molecules in the "Dark Epoch"
- 30 MOKHOV I.I., KHON V.Ch. Perspectives of the North Naval Route (According to the Modelling Data)
- 36 BELYAKOV A.S. Phenomenon of the Underground Sound

PEOPLE OF SCIENCE

- 48 To the Memory of Jacques Piccard
- 50 To the Memory of Yuriy Nicolajevich Glazkov
- 52 EREMEEVA A.I. Pierre Simon Laplace

SYMPOSIA, CONFERENCES, CONGRESSES

- 61 ANANICHEVA M.D., NOVENCO E.N., KOLOSOV V.A. Facts and Tendencies in Geographical Science (The 31st Geographical Congress in Tunis)
- 68 CHEPUROVA V.M. Next Congress of the Astronomic Society

NEWS FROM FOREIGN ASTRONAUTICS

- 81 GERASYUTIN S.A. Flights of Interplanetary Stations and Scientific Satellites

AEROSPACE EDUCATION

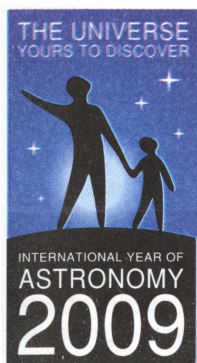
- 95 POLTAVETZ G.A., KANTEMIROV B.N. All-Russian Aerospace Society "Soyuz" – 20 Years

AMATEUR ASTRONOMY

- 103 CHULKOV D.A. Celestial Calendar: May–June 2009

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
академик Л.М. ЗЕЛЁНЫЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, академик А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО



Небо в гамма-лучах

Ф. А. АГАРОНЯН,

доктор физико-математических наук

Дублинский институт прогрессивных исследований (Ирландия)

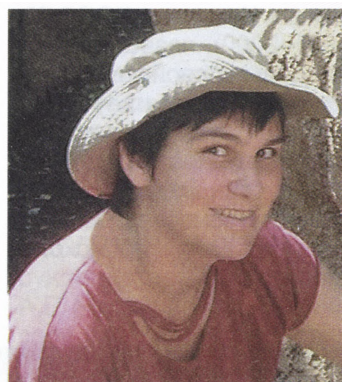
Институт ядерной физики им. М. Планка (Германия)

М. А. ЧЕРНЯКОВА,

кандидат физико-математических наук

Дублинский институт прогрессивных исследований (Ирландия)

Видимый свет – это лишь малая часть излучения, идущего от звезд, и люди задумались о том, как выглядит звездное небо в других диапазонах волн. Радиоизлучение внеземного происхождения было впервые зарегистрировано в 1930-х гг. Бурное развитие радиоастрономии получила в 1950-х гг., когда появились первые радиотелескопы. Из-за поглощения в атмосфере оказываются недоступными для наблюдения с поверхности Земли большая часть инфракрасного и ультрафиолетового диапазона, а также рентгеновские и гамма-лучи космического происхождения. Первая инфракрасная обсерватория была запущена в космос в январе 1983 г. в рамках совместного американо-европейского проекта “IRAS”. Ультрафиолетовый телескоп-рефлек-



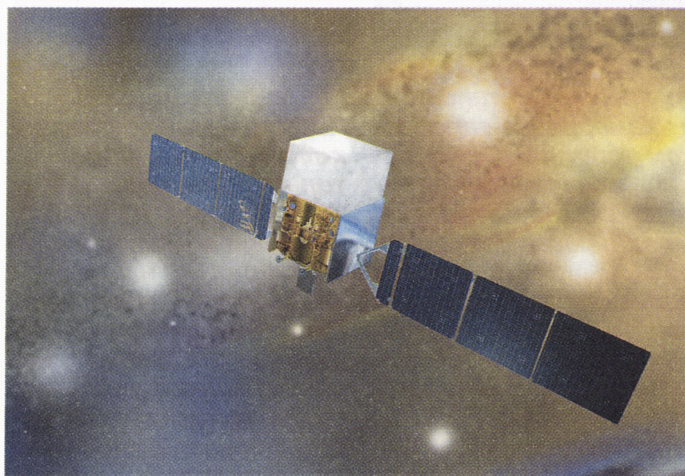
тор впервые установили на американо-европейском спутнике “Коперник”, запущенном в августе 1972 г. Качественный рывок в развитии рентгеновской астрофизики произошел в результате выхода на околоземную орбиту спутника “Uhuru” в конце 1970 г. К началу XXI в. все упомянутые области астрофизики достигли огромных успехов, достаточно упомянуть, например, наземные обсерватории VLA и VLBA

(радиодиапазон), VLT и КЕСК (видимый спектр), космические обсерватории “Спитцер” (2003; ИК-диапазон), КТХ (1990; видимый и ближний ультрафиолет), “Чандра” и “ХММ-Newton” (1999; рентгеновский диапазон), “Integral” (2002; жесткий рентгеновский диапазон). Развитие гамма-астрономии происходило заметно медленнее, однако недавно сделан значительный прорыв и в этой области.

Первые данные о гамма-излучении космического происхождения были получены в 1968 г., когда с помощью гамма-телескопа, установленного на ИСЗ "OSO-3" (США), удалось надежно зарегистрировать гамма-излучение с энергией выше 100 МэВ от Млечного Пути. Дальнейшие исследования галактического гамма-излучения на спутниках-обсерваториях "SAS-2" (США, 1972–1973), "COS-B" (1975–1982) и особенно наблюдения, проведенные телескопом EGRET на борту Космической обсерватории им. Комптона ("CGRO", 1991–2000), позволили исследовать свойства диффузного гамма-излучения высоких энергий, а также зарегистрировать около 300 точечных источников галактического и внегалактического происхождения.

При увеличении энергии поток фотонов заметно падает, и возникает необходимость в детекторах большой эффективной площади, а ведь размер детектора, который можно вывести на орбиту, весьма ограничен. Этот фактор, наряду с относительно низким угловым разрешением (около 1°), приводит к тому, что исследования в гамма-диапазоне от МэВ до ГэВ значительно отстают от других областей астрофизики. К счастью, ситуация значительно улучшилась после ввода в строй Космической гамма-обсерватории им. Э. Ферми, первоначально названной "GLAST" (Земля и Вселенная, 2008, № 5). На ней установлен большой гамма-детектор LAT (Large Area Telescope) общей площадью 80 м², улавливающий на 20% площади неба очень жесткое гамма-излучение в диапазоне от 20 МэВ до 300 ГэВ.

Поток фотонов с энергиями выше 1 ТэВ (10^{12} эВ) становится настолько мал, что на детектор с эффективной площадью 1 м² от Крабовидной туманности (одного из самых ярких гамма-источников на небе) за год попадет всего два фотона с энергией выше 1 ТэВ. В то же время этот диапазон энергий необычайно важен для понимания процессов ускорения и излучения частиц вблизи различных астрофизических объектов, в частности нейтронных звезд, черных дыр, релятивистских джетов в ядрах галактик, а также происхождения галактических и внегалактических космических лучей, гамма-всплесков и т.д. Качественный скачок в развитии астрономии, занимающейся изучением источников с энергией более 1 ТэВ, произошел в начале XXI в. благодаря различным системам черенковских телескопов, в особенности международной кооперации HESS (High Energy Spectroscopic System – система спектроскопов высоких энергий). Число открытых за последние несколько лет источников ТэВ-излучения приближается к 100. Далее мы расскажем о методах регистрации гам-



Космическая гамма-обсерватория им. Э. Ферми. Рисунок. NASA.

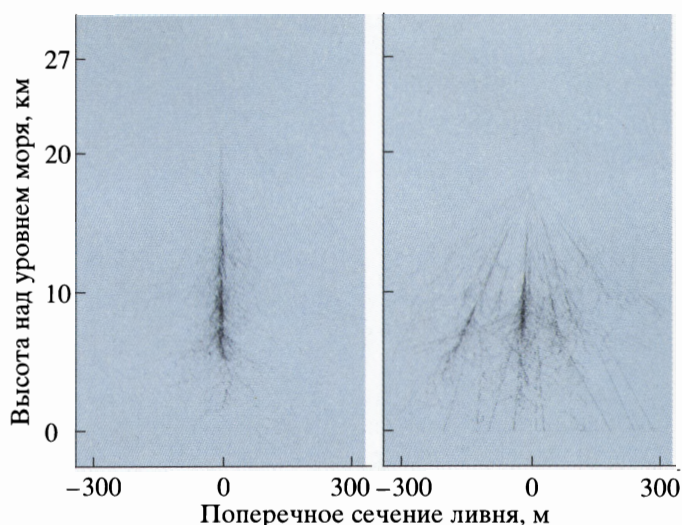
* В астрофизике высоких энергий принято измерять энергию в электрон-вольтах (эВ). Видимому свету соответствует энергия несколько эВ. В гамма-астрономии приняты следующие сокращения: 1 МэВ = 10^6 эВ, 1 ГэВ = 10^9 эВ, 1 ТэВ = 10^{12} эВ.

Вторичный широкий атмосферный ливень от фотона с энергией 300 ГэВ (слева) и протона с энергией 1 ТэВ, смоделированный по методу Монте-Карло.

ма-лучей сверхвысоких энергий и обсудим полученные результаты.

НАЗЕМНЫЕ ГАММА-ТЕЛЕСКОПЫ

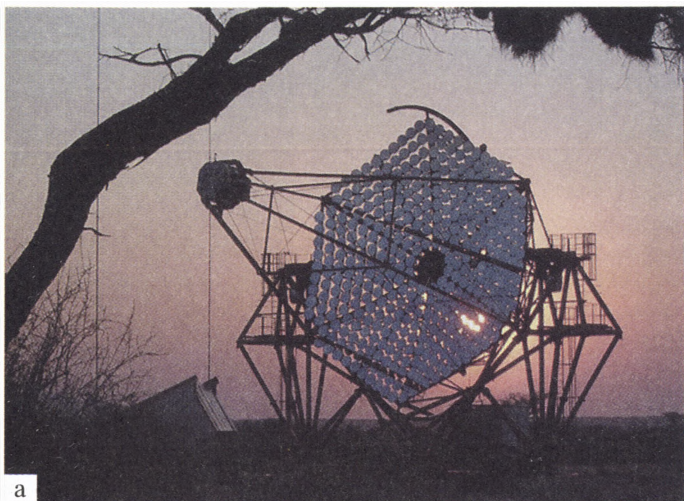
Частица высоких энергий, попадая в атмосферу, в результате множественных каскадных реакций рождает широкий атмосферный ливень, достигающий поверхности Земли в виде потока электронов, протонов, фотонов, мюонов, мезонов и т.д. Полную информацию об энергии и направлении прихода первичных гамма-квантов можно получить, регистрируя излучение Черенкова – Вавилова (свечение частиц, движущихся со скоростью, превышающей фазовую скорость света в среде) от вторичных электронов. Поскольку максимум излучения, приходящего от вторичных электронов, испускается в конус с углом порядка 1° и отмечен на высоте 10 км над уровнем моря, черенковское излучение “освещает” на Земле круг радиусом около 100 м. Простое устройство (детектор), состоящее из оптического отражателя площадью порядка 10 м^2 и фотоприемника в фокальной плоскости, может регистрировать фотоны с участка неба площадью, превосходящей 10^4 м^2 .



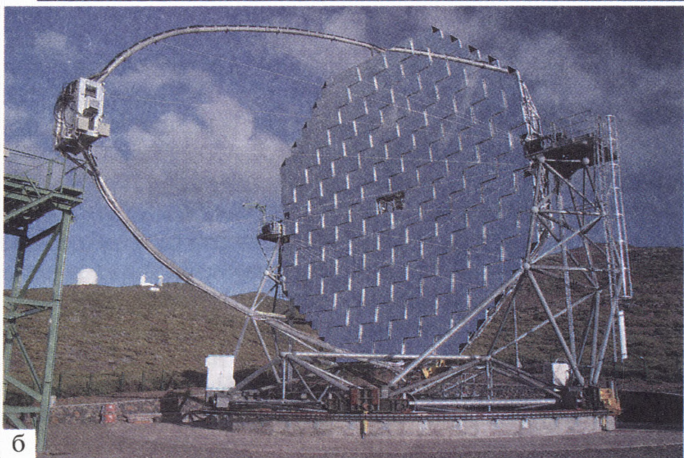
Черенковское излучение вторичных ливней очень слабое, каждая вспышка длится всего несколько наносекунд. Поэтому черенковские телескопы должны иметь зеркала площадью более 10 м^2 для проецирования излучения на очень быстродействующую многопиксельную (порядка 10^3 пикселей) камеру с пикселем размером $0.1\text{--}0.2^\circ$ и полем зрения несколько градусов. Хотя черенковское излучение приходится на оптический диапазон (голубой свет), стандартная ПЗС-камера не подходит для регистрации черенковского излучения из-за недостаточной скорости фиксации события. К счастью, камера, состоящая из обычных фотоумножителей с пикселем размером $0.1\text{--}0.2^\circ$, достаточна, чтобы получить информацию о развитии ливня, энергии и направлении прихода первичной частицы.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГАММА-АСТРОНОМИИ

Первые попытки использовать черенковское излучение для детектирования фотонов сверхвысоких энергий были сделаны в начале 1960-х гг. в СССР и Англии под руководством академика А.Е. Чудакова и профессора Дж.В. Джелли. В этих пионерских работах были получены данные только о верхних пределах гамма-излучения от космических источников, что показало необходимость разработки методики, снижающей фоновое излучение. Группа ученых Крымской астрофизической обсерватории под руководством А.А. Степаняна и ученых Обсерватории Whipple (штат Аризона), возглавляемых Т.К. Уиксом (США), стали разрабатывать в 1970 гг. проект телескопов, не только собирающих полный сигнал, но и записывающих его



а



б

Наземные гамма-обсерватории:
а) один из четырех 13-м черенковских атмосферных телескопов HESS (Намибия, работают с 2004 г.). Фото HESS; б) 17-м международный телескоп MAGIC (Канарские острова, введен в строй в 2003 г.). Фото MAGIC.

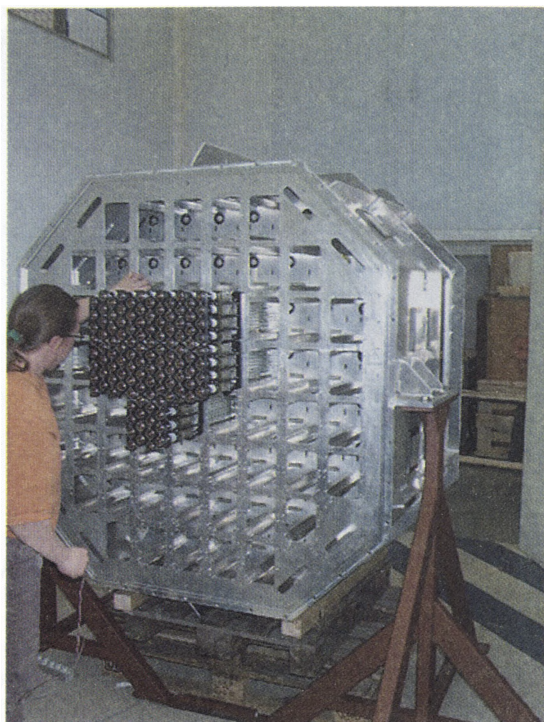
изображение. Полное число фотонов на изображении характеризует энергию первичного фотона. Ориентация изображения позволяет восстановить направление прихода первичного фотона. Форма полученного изображения изобавляет от большинства событий, в которых первичная частица не является высокоэнергичным гамма-квантом, снижая уровень фона от космических лучей, чей поток на порядки превосходит поток первичных гамма-лучей.

Эффективность этой методики была убедительно продемонстрирована в конце 1980-х гг., когда 10-м гамма-телескоп Обсерватории Whipple зарегистрировал достоверный сигнал от Крабовидной туманности. Следующим шагом в развитии наземной гамма-астрономии стал стереоскопический метод, предложенный и развитый в 1980-х гг. группой ученых Ереванского физического института. Идея метода состоит в том, что одновременная

регистрация события в нескольких проекциях позволяет определять направление прихода первичного гамма-кванта с точностью, превышающей 0.1° , и восстанавливать его энергию с точностью лучше 15%. Первоначально предполагалось установить вблизи Бюраканской обсерватории систему из пяти относительно маленьких (диаметр 3 м) телескопов. Прототип телескопа изготовили и протестировали, но различные экономические и политические причины не позволили завершить этот проект в Армении. Тем не менее его взяли за основу системы телескопов HEGRA, построенных на Канарских островах. В течение последующих 15 лет достигнуты успехи при детектировании гамма-лучей в диапазоне ТэВ телескопами CAT (Cherenkov Atmosphere Telescope — черенковский атмосферный телескоп), CANGAROO (Collaboration of Australia and Nippon for a Gamma-Ray Observatory in the Outback — японо-австралийское сотрудничество для изучения космического гамма-излучения), HEGRA (High Energy Gamma-Ray Astronomy — гамма-астрономия высоких

энергий) и Whipple. Один из наиболее выдающихся результатов, достигнутых в это время, – обнаружение излучения с энергией ТэВ от блазаров (мощные источники гамма-лучей вокруг сверхмассивных черных дыр в ядрах некоторых галактик получили название от переменного источника в созвездии Ящерицы). Однако за время работы черенковских телескопов этого поколения удалось открыть менее 10 источников, причем некоторые были зарегистрированы на пределе чувствительности. Стала очевидной необходимость создания детекторов с более высокой чувствительностью. В середине 1990-х гг. наиболее перспективной концепцией, значительно улучшающей чувствительность и снижающей порог детектирования до 100 ГэВ, признана стереоскопическая система. Такая система должна состоять из нескольких 10-м телескопов, одновременно наблюдающих черенковское свечение ливня в различных проекциях.

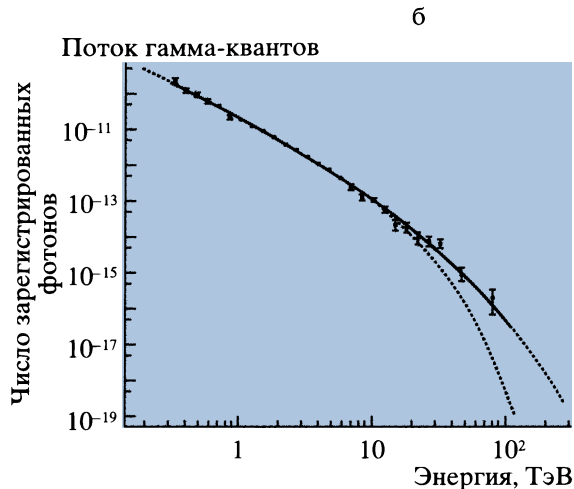
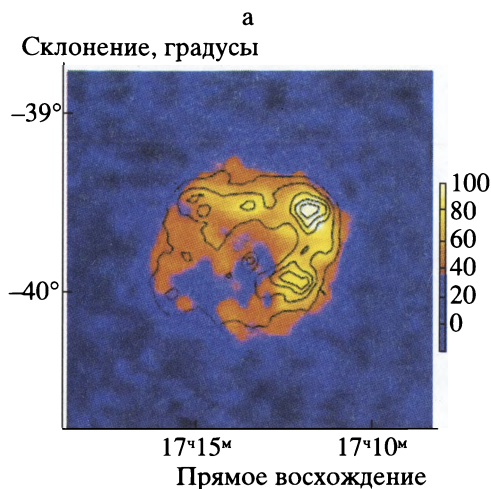
Несмотря на то, что достоинства стереоскопического подхода уже были продемонстрированы системой относительно маленьких телескопов HEGRA, только с реализацией крупного международного проекта HESS появилась



новая область наблюдательной астрофизики – астрономия сверхвысоких энергий. Система HESS из четырех 13-м черенковских атмосферных телескопов, оборудованных камерами с полем зрения 5° , установлена в Намибии и вступила в строй в 2004 г. Телескопы системы HESS предназначены для детектирования высокоэнергичных фотонов в диапазоне от 100 ГэВ до 100 ТэВ с угловым разрешением несколько угловых минут и пределом чувствительности на уровне $10^{13} \text{ эрг} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Альтернативой стереоскопической системе стало создание в 2003 г. на острове Ла Пальма (Канарские острова) 17-м международного телескопа MAGIC (Major Atmospheric

Gamma Imaging Cherenkov – большой атмосферный черенковский гамма-телескоп). В поле зрения телескопа MAGIC попадают преимущественно источники, расположенные в северной небесной полусфере, а системы HESS – в южной. В июле 2007 г. приступила к работе система VERITAS (Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System – система телескопов для регистрации излучения высоких энергий; США), состоящая из четырех 12-м телескопов. К настоящему времени число открытых источников приближается к 100. Зарегистрированные источники можно разделить на несколько больших групп: остатки сверхновых, пларионы, компактные двой-



ные системы, молекулярные облака, активные ядра галактик.

ОСТАТКИ СВЕРХНОВЫХ

Сверхновые звезды — это звезды, заканчивающие свою эволюцию в катастрофическом взрывном процессе. В результате взрыва звездное ядро может либо полностью разлететься, либо сколлапсировать, превратившись в нейтронную звезду или черную дыру. За несколько месяцев выделяется столько энергии, сколько обычная звезда, например Солнце, излучает за 10 млрд. лет. Сброшенное вещество звезды разлетается и сталкивается с газом межзвездной среды, что приводит к образованию остатка сверхновой. Он обладает магнитным полем, содержит горячий газ и релятивистские частицы, в течение тысячелетий после взрыва излучающие в диапазонах от радио- до гамма-спектра. Теоретические

модели предсказывают, что более 10% энергии, выделенной при взрыве сверхновой, может перейти в результате ускорения на ударной волне в кинетическую энергию релятивистских частиц. Остальная энергия переходит в тепловую, нагревая плазму межзвездной среды до 10^6 – 10^7 К. С помощью HESS было открыто гамма-излучение сверхвысоких энергий от ряда сверхновых, в частности от RX J1713.7–3946 в созвездии Скорпиона, с беспрецедентным для гамма-астрономии угловым и энергетическим разрешением. Полученное HESS гамма-изображение сверхновой RX J1713.7–3946 показывает, что гамма-лучи генерируются вблизи сверхновой, подтверждая тем самым современную теорию ускорения частиц на ударной волне механизмом Ферми первого рода, при котором частица ускоряется в результате многократного пересечения ударной волны, дви-

Остаток сверхновой RX J1713.7–3946, удаленной от Земли на 3–5 тыс. лет: а) гамма-изображение с разрешением несколько угловых минут, черные контуры соответствуют рентгеновскому потоку в диапазоне 1–3 кэВ, зарегистрированному рентгеновским телескопом японской космической обсерватории “Asuka” (“ASCA”); б) спектр излучения источника RX J1713.7–3946, зарегистрированный HESS за 63 ч наблюдения в 2003–2005 гг. Рисунки из журнала “Astronomy & Astrophysics”, 464, 235 (2007).

жущейся со скоростью несколько тысяч километров в секунду.

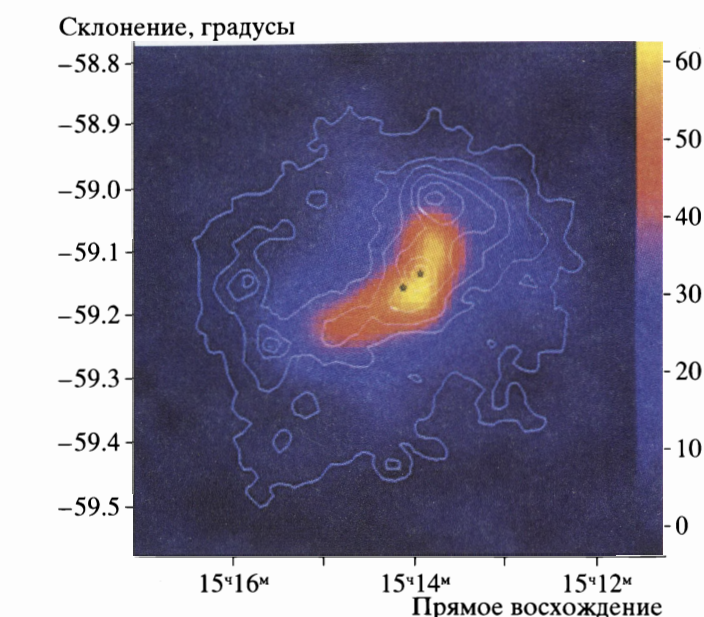
Длительное наблюдение RX J1713.7–3946 позволило построить спектр источника вплоть до 100 ТэВ. Это свидетельствует о том, что релятивистские частицы ускоряются в оболочке сверхновой, по крайней мере, до энергий 100 ТэВ. Данное открытие подтверждает предположение о том, что основной вклад в космические лучи вносят частицы, ускорен-

Туманность MSH 15-52, находящаяся в 15 тыс. св. лет от Солнца, в гамма-лучах. На изображении нанесены контуры рентгеновского излучения. Отмечено положение пульсара (верхняя звездочка в центре, нижняя – центр ТэВ-излучения). Контуры излучения в ТэВ совпадают с рентгеновскими контурами. Это подтверждает, что рентгеновское и гамма-излучение генерируется одной и той же популяцией частиц. Рисунок из журнала "Astronomy & Astrophysics", 435, L17 (2005).

ные в остатках сверхновых звезд. Впервые такое предположение было сделано еще в 1933 г. астрофизиками В. Бааде и Ф. Цвикки на основании того, что полная энергия галактических космических лучей составляет несколько процентов от энергии, выделенной сверхновыми в нашей Галактике (Земля и Вселенная, 2007, № 6).

ПЛЕРИОНЫ

Пульсары – это быстро вращающиеся нейтронные звезды, возникающие в результате взрыва сверхновых. Сильное электромагнитное поле вблизи их поверхности способно разогнать пульсарный ветер (поток электронов и позитронов, холодных ультрарелятивистских частиц) до сверхвысоких энергий. При взаимодействии пульсарного ветра с окружающей средой возникает ударная волна, дополнительно ускоряющая его частицы. Синхротронное излучение релятивистских электронов высвечивается в широком



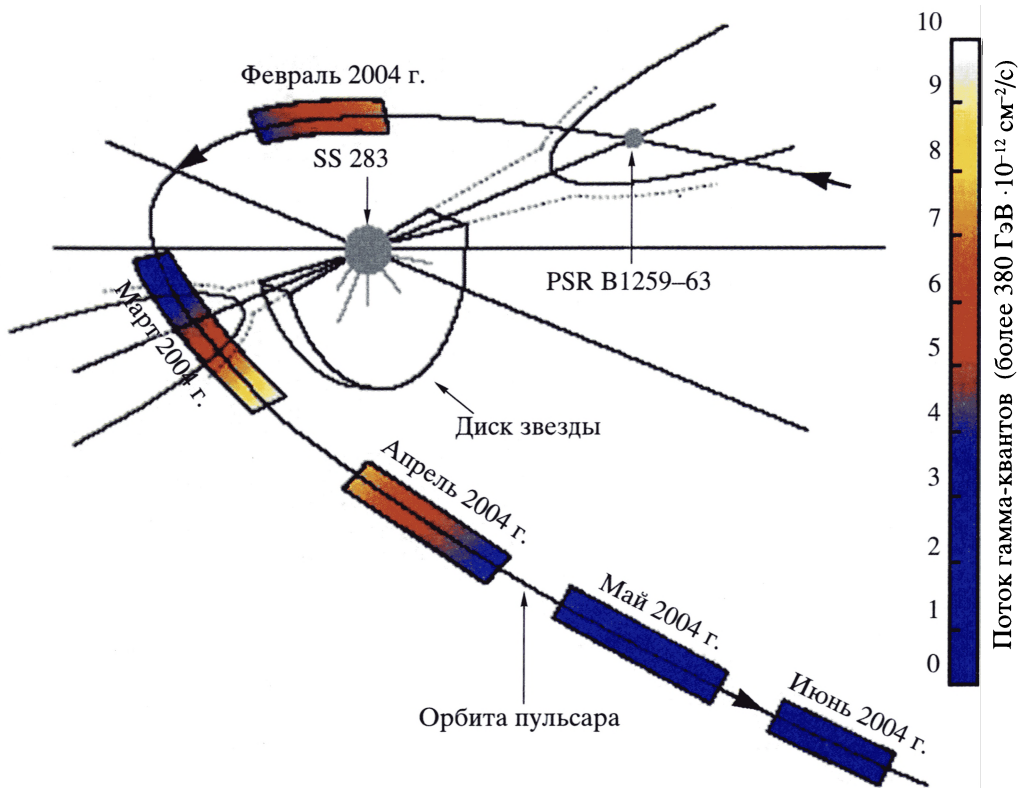
диапазоне энергий – от радио- до рентгеновского. Рассеяние релятивистских электронов на фотонах с низкой энергией, в первую очередь фотонах реликтового фонового излучения, приводит к возникновению жестких гамма-квантов. Самый известный представитель этого класса объектов – Крабовидная туманность.

С помощью системы HESS регистрируются источники, у которых отношение светимости к квадрату расстояния до них не ниже $L/d^2 = 10^{34} \text{ эрг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{кпк}^{-2}$. Систематическое исследование пульсаров во внутренней области Галактики, проведенное HESS во время обзора галактической плоскости, показало, что из 435 пульсаров, попавших в поле зрения, вблизи более чем 20 пульсаров обнаружены "гамма-туманности", или плерионы – туманности, обра-

зованные пульсарным ветром, размером от одного до нескольких десятков парсеков. Возможно, плерионы – самая многочисленная популяция ТэВ-источников в Галактике. Размер ряда плерионов в гамма-лучах (например, HESS J1825–137 и PSR B1823–13) зависит от энергии, на которой они наблюдаются, причем чем выше энергия, тем меньше размер источника. Это объясняется энергетическими потерями электронов и свидетельствует о том, что гамма-кванты, ускоренные на фронте ударной волны, генерируются электронами с энергиями до 100 ТэВ и выше.

КОМПАКТНЫЕ ДВОЙНЫЕ СИСТЕМЫ

Обычно двойные системы считаются тепловыми источниками, в которых гравитационная энергия

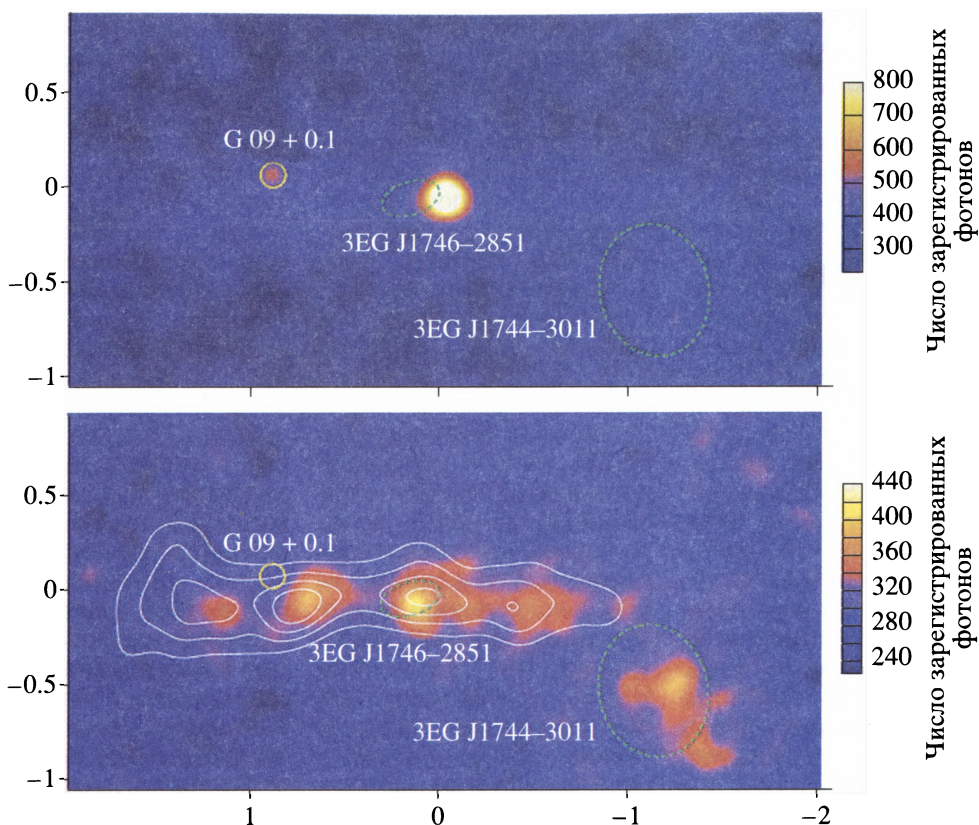


компактного объекта (нейтронные звезды или черные дыры) эффективно переходит в рентгеновское излучение горячей аккрецирующей плазмы. Ускорение частиц возможно в двойных системах, если компактный источник – радиопульсар (плерион, находящийся в поле фотонов, излучаемых звездой-компаньоном), или в результате ускорения на внутренних ударных волнах в джете, сформировавшемся вблизи черной дыры. Пока открыто всего три двойные системы (PSR B1259–63, LSI+61°303 и LS 5039), надежно зарегистрированные в ТэВ-диапазоне. Природа компактного источника известна только в двойной системе

PSR B1259–63/SS 2883, удаленной от нас на расстоянии порядка 5 тыс. св. лет в направлении на созвездие Южный Крест. В этой системе 48-миллисекундный радиопульсар обращается по высокоэллиптической орбите вокруг массивной Ве-звезды SS 2883 с периодом 3.4 года. Для горячих звезд классов В и О характерен сильный отток вещества с поверхности, состоящий в случае Ве-звезд (класс В с эмиссионными линиями в спектре, среди них много массивных и рентгеновских двойных) из медленного экваториального диска и быстрого полярного ветра. Взаимодействие пульсарного ветра с ветром Ве-звезды приво-

Высокоэллиптическая орбита пульсара, обращающегося вокруг Ве-звезды SS 2883 в двойной системе PSR B1259–63. На орбите указаны периоды в 2004 г., в течение которых источник был в поле зрения телескопов HESS. Рисунок из статьи журнала "Astronomy & Astrophysics", 442, 1 (2005).

дит к возникновению ударной волны. Частицы, прошедшие ударную волну, теряют свою энергию в результате синхротронного излучения, что приводит к формированию широкополосного спектра от радио- до ТэВ-диапазона. Ускоренные на ударной волне протоны бомбардируют нерелятивистский газ диска Ве-звезды и



также могут вносить вклад в излучение с энергией ТэВ.

Согласно данным радионаблюдений, диск SS 2883 сильно наклонен по отношению к орбитальной плоскости системы. Поэтому при движении по орбите пульсар дважды пересекает экваториальный диск Ве-звезды. В 2004 г. телескопы HESS впервые зарегистрировали ТэВ-излучение от системы SS 2883.

К сожалению, лунные ночи и плохая погода мешали наблюдениям в момент прохождения пульсаром периастра своей орбиты, однако данные, полученные до и после этого, указывают на

отсутствие пика ТэВ-излучения в периастре. Недостаток наблюдений не позволяет сделать однозначный вывод о природе ТэВ-излучения в системе SS 2883. В следующий раз HESS сможет наблюдать прохождение периастра в этой системе только весной 2014 г. (в декабре 2010 г. источник будет находиться вне видимости HESS).

Природа компактного объекта в двух других двойных системах, LSI +61° 303 и LS 5039, пока неизвестна. Им может оказаться радиопульсар, у которого пульсирующее излучение поглощено ветром, оттекающим с поверхности компаньона. Расстоя-

Карта интенсивности гамма-излучения центра нашей Галактики в ТэВ-диапазоне с источниками 3EG J1746-2851 и 3EG J1744-3011: а) длительное наблюдение центра Галактики выявило третий точечный источник – пульсарную туманность G0.9 + 0.1; б) протяженный источник 3EG J1744-3011 и диффузная компонента вдоль галактической плоскости размером 30 пк (вычтено излучение от точечных источников). Контуры соответствуют распределению материи молекулярных облаков в данной области. Рисунки из журнала "Nature", 439, 695 (2006).

ние между компаньонами в этих системах в десятки раз меньше, чем в случае PSR B1259-63, следовательно, компактный источник окружен значи-

тельно более плотным веществом. По другой модели, широкополосное излучение возникает в результате взаимодействия частиц, ускоренных в джете с ветром компаньона. Компактность обеих систем приводит к тому, что рассеяние фотонов с энергией ТэВ на оптических фотонах сильно влияет на наблюдаемый спектр ТэВ-излучения, что приводит к его зависимости от положения пульсара на орбите.

Система LS 5039, содержащая очень яркую оптическую звезду ($\sim 10^{39}$ эрг/с), пока единственная, где обнаружена орбитальная модуляция ТэВ-сигнала с периодом 3.9078 ± 0.0015 сут, согласующаяся с наблюдениями оптических линий. Спектр источника измерен вплоть до 20 ТэВ, что свидетельствует о высокой эффективности ускорения частиц в системе.

Недавно с помощью телескопа MAGIC был зарегистрирован слабый сигнал (на пределе чувствительности телескопа) от системы Лебедь X1. Эта двойная система содержит релятивистский компактный источник с массой более $6 M_{\odot}$, что делает его одним из наиболее вероятных кандидатов в черные дыры. Если данные подтвердятся, то Лебедь X1 будет первым доказательством ускорения частиц вблизи галактической черной дыры.

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОБЛАКА И ЦЕНТР ГАЛАКТИКИ

В отличие от рассмотренных выше источников,

молекулярные облака представляют собой класс пассивных источников гамма-излучения, в которых не ускоряются частицы. Релятивистские космические лучи, заполняющие межзвездное пространство, бомбардируют молекулярные облака, образуя источник гамма-излучения.

Во время первых наблюдений центра нашей Галактики, выполненных HESS, найден точечный источник ТэВ-излучения HESS J1745–290, расположенный в ее гравитационном центре и совместимый с положением сверхмассивной черной дыры Стрелец A*. Телескопы HESS зарегистрировали не только точечный источник 3EG J1744–3011, но и диффузное излучение размером около 30 пк, идущее из центральной области Галактики. Распределение потока гамма-квантов от диффузной компоненты совпадает с расположением гигантских молекулярных облаков в данной области. Это свидетельствует о том, что излучение возникает вследствие взаимодействия релятивистских адронов космических лучей с холодными адронами молекулярных облаков. При этом плотность релятивистских лучей в центре Галактики в несколько раз выше, чем вблизи Солнца, а общая протяженность молекулярных облаков превышает площадь яркого в ТэВ-энергии участка неба. Это наводит на предположение о том, что всплеск излуче-

ния, идущего от сверхмассивной черной дыры Стрелец A*, произошел относительно недавно (по-видимому, около 10 тыс. лет назад) и релятивистские частицы еще не успели улететь на достаточно большие расстояния и рассеяться по Галактике.

ВНЕГАЛАКТИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ

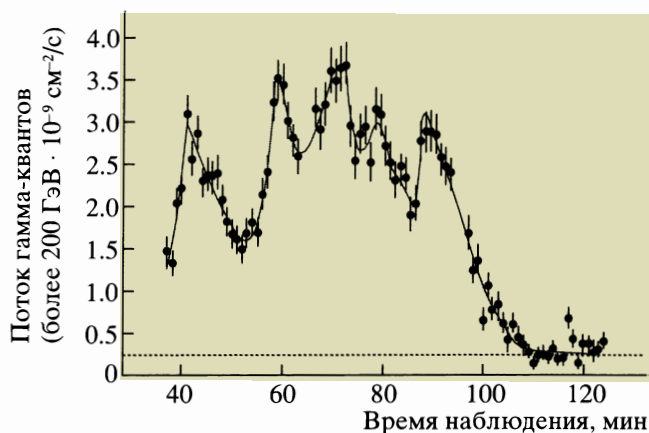
Самое далекое расстояние, с которого мы можем надеяться зарегистрировать гамма-излучение, определяется эффективностью взаимодействия гамма-лучей с диффузным внегалактическим фоном. Для гамма-квантов с энергией свыше 100 ГэВ оно не превышает нескольких сотен мегапарсек, и это расстояние уменьшается с увеличением энергии гамма-кванта. Так можно объяснить то, что первые найденные внегалактические объекты с энергиями ТэВ были преимущественно близлежащими блазарами – активными галактиками с релятивистским джетом, направленным в сторону Земли.

Одним из первых блазаров, зарегистрированным HESS, стал источник PKS 2155–304, гамма-излучение которого не превышало десятую долю потока от Крабовидной туманности. Однако в июле 2006 г. HESS зарегистрировала вспышку от него, по яркости на порядок превышающую Крабовидную туманность. Качество данных и большая фотонная статистика позволили построить кривую блеска

Кривая блеска PKS 2155–304 (разрешение 1 мин) во время вспышки 28 июля 2006 г. Рисунок из журнала "Astrophysical Journal", 664, L71 (2007).

источника с временным разрешением меньше 1 мин и обнаружить переменность источника меньше 200 с. Такая быстрая переменность свидетельствует о том, что излучение рождается в окрестности черной дыры – на расстоянии всего несколько гравитационных радиусов. Более того, учитывая, что масса черной дыры в PKS 2155–304, скорее всего, превышает $10^8 M_{\odot}$, даже предположение о максимально возможной близости источника не позволяет объяснить найденную быструю переменность без излучения направленных гамма-квантов с Доплер-фактором $\delta = 10\text{--}100$. Это указывает на то, что гамма-излучение возникает в релятивистском выбросе (джете), формирующемся вблизи черной дыры.

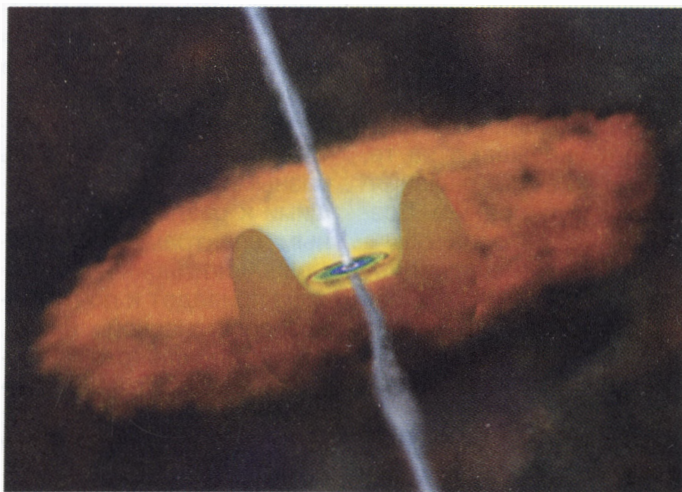
Благодаря Доплер-эффекту современные телескопы регистрируют гамма-излучение, приходящее с расстояния более 100 Мпк. Однако относительная близость наблюдаемых источников принципиально важна для минимизации поглощения



гамма-лучей, а соответственно, и возможности их детектирования. Снижение порога детектирования фотонов до энергий меньше 100 ГэВ должно привести к значительному увеличению числа наблюдаемых внегалактических источников. Совместные усилия телескопов HESS, MAGIC и VERITAS за последние три года увеличили число известных блазаров с энергией ТэВ до 20. Некоторые из них оказались весьма удаленными, вплоть до z около 0.2.

Этот результат был использован кооперацией HESS для получения надежного верхнего предела на уровень внегалактического фона в оптическом и инфракрасном диапазонах, что позволило наложить ограничения на космологические модели, предсказывающие формирование и эволюцию галактик и первых звезд.

Другой пример внегалактического источника с быстрой переменностью – гигантская эллиптиче-



Так, по представлению художника, может выглядеть активное ядро галактики с релятивистским джетом. Рисунок NASA.



Оптическое изображение радиогалактики M87 в созвездии Девы. Видна релятивистская струя (джет), исходящая из черной дыры. Предполагается, что гамма-кванты образуются в центральной части источника в непосредственной близости от черной дыры. Снимок получен KTX в 2000 г. Фото NASA.

ская радиогалактика M87 в созвездии Девы. Источником ее энергии служит сверхмассивная черная дыра массой $3 \times 10^9 M_{\odot}$. В 2006 г. телескопы HESS зарегистрировали от нее переменное сверхвысокое гамма-излучение, меняющееся в течение нескольких дней. В M87, в отличие от блазаров, джет направлен не на Землю, и объяснить быструю переменность можно лишь непосредственной близостью гамма-источника к черной дыре.

ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И КОСМОЛОГИЯ

Исследования последних лет указывают на то, что мы живем в расширяющейся с ускорением Вселенной, в которой обычное вещество составляет всего 4% от ее общей плотности. Еще 26% приходится на долю небарионной темной материи (скрытая масса), а оставшиеся 72% приходится на долю темной энергии

(Земля и Вселенная, 2006, № 5, с. 49). Регистрация гамма-излучения от аннигиляции темной материи в гало нашей и других близлежащих галактик позволила бы значительно продвинуться в понимании природы этой невидимой компоненты Вселенной.

Любая стабильная слабо-взаимодействующая массивная частица, находящаяся в тепловом равновесии в ранней Вселенной, является естественным кандидатом на роль небарионной темной материи. Обнаружить темную материю можно, регистрируя продукты аннигиляции, в частности гамма-квантов. Аннигиляция темной материи может проходить разными путями, приводящими к различным конечным спектрам. Так, *прямая аннигиляция в два фотона* приведет к почти моноэнергетической линии. *Аннигиляция через промежуточное состояние* (например, кварк-антикварк), которое в дальнейшем распадается и адронизи-

руется, генерируя фотоны вследствие распада нейтральных пионов, приведет к широкому спектру без спектральных особенностей.

Одна из важных задач черенковских гамма-телескопов – поиск темного вещества. Недавние наблюдения центра нашей Галактики – одного из наиболее вероятных (из-за близости к нам) мест возможной регистрации темной материи – показали, что происходящие там процессы можно объяснить распадом темной материи. Однако существование других, более традиционных, источников излучения не позволяет делать однозначных выводов о существовании там темной материи.

ЧЕРЕНКОВСКИЕ ТЕЛЕСКОПЫ БУДУЩЕГО

В настоящее время бурно обсуждается дальнейшее развитие гамма-астрономии. Наиболее вероятными представляются два направления: улучшение на порядок чувствительности в стандартном диапазоне (0.1–10 ТэВ) и расширение энергетического спектра от 10 ГэВ до

1 ПэВ (10^{15} МэВ). Если ограничить нижний диапазон энергий 100 ГэВ, то созданием стереоскопической системы из десятков 10-м телескопов достигается значительное повышение чувствительности (лучше 10^{-13} эрг · см⁻² · с⁻¹) и углового разрешения до 1–2'. Исходя из уже полученных черенковскими телескопами результатов, можно предсказать, что будут обнаружены сотни или даже тысячи новых галактических ТэВ-источников. С другой стороны, снижение нижнего энергетического порога

до 30 ГэВ расширит круг научных задач. В частности, увеличится расстояние, с которого можно регистрировать внегалактические источники (вплоть до $z = 1$). Примечательно, что имеющиеся технологии уже позволяют создать столь мощный инструмент.

Дальнейшее снижение порога регистрации гамма-источников с энергией менее 30 ГэВ требует другого подхода – работы системы телескопов, установленных на высоте больше 5 тыс. м над уровнем моря с апертурой порядка 30 м², оснащенных

камерами с высокой квантовой эффективностью в фокальной плоскости. Решение амбициозной задачи снижения порога ниже 30 ГэВ необычайно важно для исследования сильно-переменных нетепловых явлений, происходящих, в частности, в некоторых галактических источниках и удаленных областях Вселенной (примерно $z = 5$). Желательно реализовать такой проект до прекращения функционирования гамма-телескопа низких энергий на Космической обсерватории им. Э. Ферми.

Информация

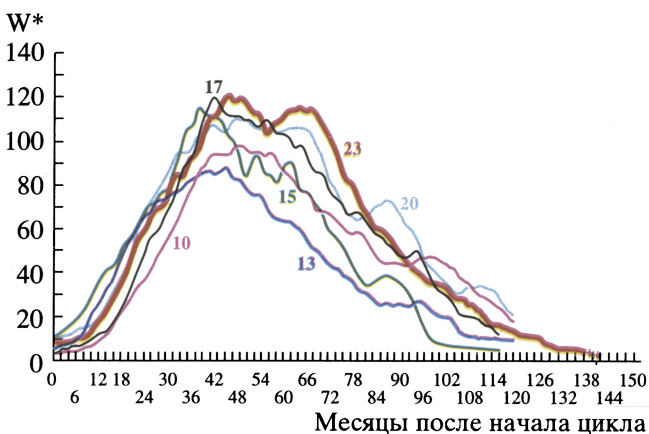
Солнце в октябре–ноябре 2008 г.

В последние месяцы осени 2008 г. характер пятнообразовательной активности Солнца изменился: стали появляться достаточно устойчивые, хоть и небольшие высокоширотные группы пятен с полярностью нового, **24-го, цикла солнечной активности**. В октябре такая группа была одна, а в ноябре их появилось уже две в Северном полушарии. До этого на Солнце не было пятен 36 суток. Максимум 23-го цикла солнечной активности наступил в апреле 2000 г. ($W^*_{\max} = 121,7$, $F^*_{10\text{ см}} = 181$), вторичный максимум – в ноябре 2001 г. ($W^* = 115,6$, $F^*_{10\text{ см}} = 193,6$).

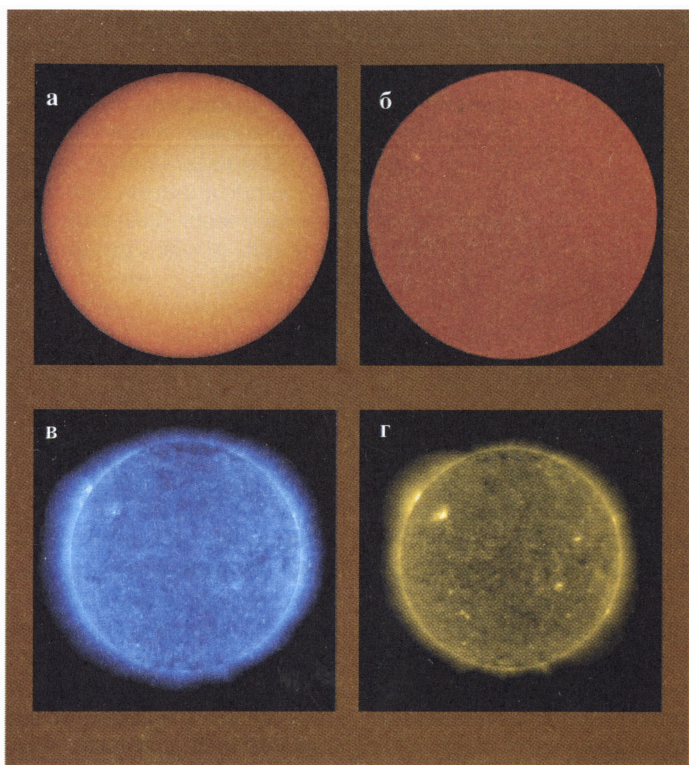
Текущие среднемесячные значения относительного числа солнечных пятен $W_{\text{окт}} = 2,9$ и $W_{\text{нояб}} = 4,1$. Сглаженные за 13 месяцев значения относительного числа солнечных пятен в апреле и мае 2008 г. ($W^* = 3,3$ и $3,5$ соответственно) показывают, что падение

этого индекса солнечной активности прекратилось.

Пятнообразовательная активность Солнца в **октябре 2008 г.** немного повысилась. Три группы пятен-однодневков было в Южном полушарии, а еще одна группа пятен 24-го цикла просуществовала

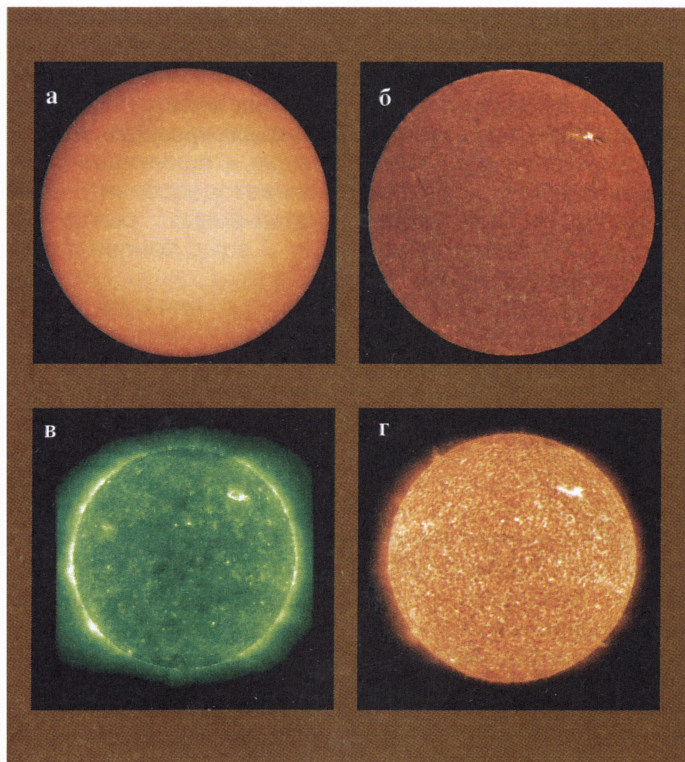


Ход развития (143 месяца) 23-го цикла солнечной активности среди циклов подобной величины. W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен.



Солнце 25 октября 2008 г.: а) в непрерывном спектре; б) в самой сильной спектральной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолета химических элементов FeXII ($\lambda = 195 \text{ \AA}$) и HeII ($\lambda = 304 \text{ \AA}$). Космическая солнечная обсерватория "SOHO" (<http://www.solarmonitor.org/index.php>).

6 суток (11–16 октября) в Северном полушарии. Максимальное относительное число пятен отмечено 16 октября ($W = 14$), затем 20 суток видимый диск Солнца оставался без пятен. Вспышечная активность весь месяц была на очень низком уровне. Зарегистрировано прохождение по видимому диску Солнца трех рекуррентных корональных дыр, следствием прохождения одной из них стала умеренная магнитная буря 14 октября. Обычно высокоскоростные потоки от солнечных корональных дыр вызывают малые магнитные бури, но в данном случае сработал еще один фактор – в этот же день наша планета проходила секторную границу межпланетного магнитного поля. Вероятно, одновременное воздействие этих двух факторов и привело к необычному усилению интенсивности геомагнитного возмущения. Всего за октябрь



Солнце 22–23 ноября 2008 г.: а) в непрерывном спектре; б) в самой сильной спектральной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолета химических элементов FeIX, FeX ($\lambda = 171 \text{ \AA}$) и FeXV ($\lambda = 284 \text{ \AA}$); по данным "SOHO" (<http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest.html>).



Группа пятен нового, 24-го, цикла солнечной активности, возникших 3 ноября 2008 г., в которых произошли первые значимые солнечные вспышки: а) в непрерывном спектре, б) в самой сильной спектральной линии водорода H_{α} ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$). На втором снимке хорошо видны арочные структуры (АС – темные линии между пятнами), отражающие всплытие магнитного потока зарождающейся группы пятен (по данным «SOHO»; <http://www.spaceweather.com/>).

отмечено 6 суток с возмущенной геомагнитной обстановкой. На геостационарных орбитах 16 суток регистрировался большой уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В ноябре 2008 г. пятнообразовательная активность

оставалась повышенной. Еще 30 октября в центральной зоне Солнца на высоких широтах Северного полушария образовалась небольшая группа пятен с магнитной полярностью нового цикла, которая просуществовала до 6 ноября и ушла за западный лимб Солнца. Небольшие, но значимые первые солнечные вспышки нового цикла отмечены в этой группе пятен 3 и 4 ноября. Вторая группа пятен нового цикла образовалась 10 ноября тоже в центральной зоне Северного полушария и 17 ноября ушла за западный лимб. В этой группе вспышек не наблюдалось. Максимальное относительное число пятен отмечено 12 ноября ($W = 14$), затем 16 на Солнце пятен не было. Корonoграфы космической об-

серватории «SOHO» регистрировали в ноябре 18 выбросов коронального вещества. В ноябре отмечено также прохождение по видимому диску Солнца двух рекуррентных корональных дыр. Геомагнитная обстановка была возмущенной в течение одних суток. На геостационарных орбитах 17 суток регистрировался высокий уровень потоков высокоэнергичных электронов.

Текущее состояние солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно узнать в Интернете по адресу: <http://www.izmiran.ru/space/solar/forecast>

Страница обновляется каждый понедельник.

В.Н. ИШКОВ
ИЗМИРАН



Первичные молекулы в “Темную эпоху”

В. К. ДУБРОВИЧ,
доктор физико-математических наук
Филиал САО РАН (Санкт-Петербург)

Мы расскажем об основных идеях и положениях эволюционной картины истории ранней Вселенной, теоретических предсказаниях физики процессов, произошедших в один из самых сложных и проблемных для прямых наблюдений интервалов космологического времени, опишем схему возникновения первичных молекул, их роль в “проявлении” структуры распределе-



ния вещества на дозвездной стадии эволюции. Кроме того, постараемся обозначить проблемы фундаментальной физики, которые могут быть существенно прояснены при изучении химического состава первичного вещества и анализа динамики взаимодействия первичных молекул с фоновым излучением в интервале от 400 тыс. до 400 млн. лет с начала развития Вселенной.

ВСЕЛЕННАЯ
НЕ СТАЦИОНАРНА

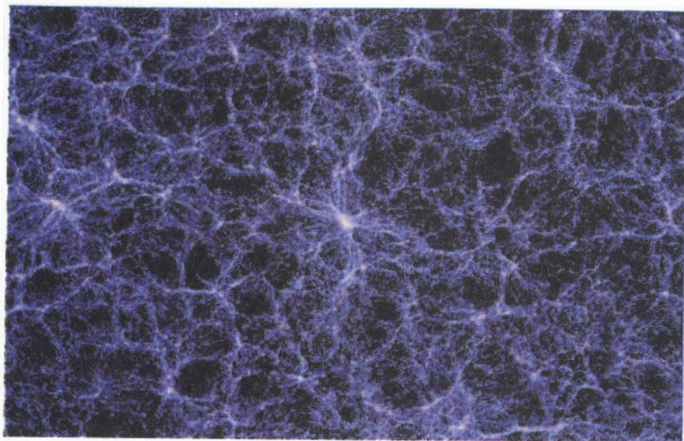
Современная астрофизика требует для своего понимания и развития очень глубоких и совершенно нетривиальных идей и представлений. Они практически несопоставимы с тем уровнем мирозерцания, который определяется нашим бытовым опытом.

Среди вопросов, возникающих при рассмотрении небесных объектов, есть

вопрос о том, как такие огромные массы “висят” в вакууме и почему они не падают друг на друга за счет гравитационного притяжения (например, Луна должна была бы упасть на Землю). Для ответа на первую часть вопроса необходимо осознать, что существует бесконечное пространство, в котором нет принципиального различия между отдельными его областями. Основы этого представления сформировались еще во времена

И. Ньютона. Ответ на вторую половину вопроса очевиден: Луна вращается вокруг Земли по орбите и удерживается на ней за счет центробежной силы. Такая же ситуация в системе Земля–Солнце, а также в нашей Галактике, где все звезды вращаются вокруг ее центра, и в случае движения галактик в скоплениях. Все это – гравитационно-связанные системы. Для описания их внутренних движений в первом прибли-

Результат математического моделирования крупномасштабной структуры распределения галактик и скоплений галактик в современную эпоху. Светлые волокна и сгущения указывают на наиболее вероятные места расположения галактик. Пустоты между ними соответствуют зонам избегания – в них галактик мало.



жении вполне достаточно использовать законы классической физики.

Однако все более и более совершенные наблюдения привели к возникновению нового фундаментального вопроса, для ответа на который необходимо напрячь воображение и привлечь качественно новые идеи. Речь идет об открытии Э. Хабблом закона “разбегания” галактик. Оказалось, что галактики, не входящие в скопления, и сами скопления удаляются друг от друга со скоростью, примерно пропорциональной расстоянию между ними. Этот факт невозможно объяснить в рамках классической физики: мы не знаем, какие силы могли стать причиной отталкивания такого масштаба. Можно предположить, что разбегание – результат некоего колоссального по энергетике “взрыва”, но в классической физике нельзя найти столь мощный источник энергии. Абсолютно новые возможности открылись в рамках общей теории относительности (ОТО), предложенной почти столетие назад А. Эйнштейном. Теперь мы должны описывать гравитацию

как проявление свойств искривленного пространства-времени.

Одно из предсказаний ОТО – глобальная нестационарность метрики четырехмерного пространства, то есть зависимость расстояния между двумя произвольными точками (телами) от времени при отсутствии каких-либо физических воздействий. Математически такая зависимость описывается решением А.А. Фридмана.

Нестационарность Вселенной, в данном случае ее расширение, подразумевает наличие в прошлом какого-то “начала” – момента времени, когда расстояния между пробными частицами были сколь угодно малы. Расширение наглядно можно представить как изменение размеров некоего рисунка на поверхности раздувающегося воздушного шарика. Таким рисунком может быть, например, волновой пакет – отрезок синусоиды, содержащий некоторое число полных колебаний. При расширении шарика число этих колебаний не меняется, а рассто-

яние между минимумами (или максимумами) увеличивается пропорционально увеличению радиуса шарика. Для наблюдателя это проявляется как красное смещение – увеличение длины волны λ или уменьшение частоты фотона $\omega = \omega_0(1 + z)$, где z – величина красного смещения.

С другой стороны, взяв любую точку на поверхности шарика, мы увидим, что все другие точки разбегаются от нее по радиусам (вдоль поверхности!) со скоростями, пропорциональными расстоянию этих точек от выбранной (эффект Хаббла). Новый факт теории ОТО – эти скорости в некотором смысле фиктивны: фактически им не соответствует реальная кинетическая энергия. У любого материального тела во Вселенной может быть еще скорость, которой отвечает реальная кинетическая энергия. Ее называют peculiarной скоростью, и в некоторых процессах в ранней Вселенной именно она будет приводить к наблюдаемым эффектам.

Во Вселенной есть известные элементарные частицы – барионы, электроны, нейтрино, фотоны. Кроме того, в ней, по-видимому, должны быть какие-то пока неизвестные частицы темной материи и некая темная энергия. Стандартный сценарий эволюции Вселенной содержит несколько этапов. Эволюция начинается с эпохи Большого взрыва и колоссально быстрого расширения на стадии инфляции. Тогда не было обычного вещества, а должны были быть только некие скалярные поля, напрямую ни в одном эксперименте пока не найденные (неизвестно даже, можно ли их будет вообще когда-либо обнаружить в земных лабораториях). Стадия инфляции завершается фазовыми переходами скалярных полей в форму частиц, которые пока (?) тоже не доступны для обнаружения в лаборатории. После этого наступает период “спокойного” расширения и охлаждения Вселенной, описываемый решением А.А. Фридмана.

Следующий этап – распад тяжелых частиц на более легкие и фотоны (космическое микроволновое излучение – Cosmic Microwave Background Radiation, CMBR). Обнаружение CMBR в 1966 г. позволило однозначно говорить о модели горячей Вселенной. Это означает, что вещество и равновесное с ним тепловое элек-

тромагнитное излучение с планковским частотным спектром на ранних стадиях эволюции было разогрето до гигантской температуры T . Температура излучения T_r с очень большой точностью совпадала с температурой вещества T_m и уменьшалась по мере расширения Вселенной по закону $T_r = T_m = T = T_0(1+z)$. Величина $T_0 = 2.728$ К – современная температура CMBR, измеренная в экспериментах на Земле и в космосе.

В первые минуты жизни Вселенной происходит образование первичных химических элементов (эпоха нуклеосинтеза). Перечислим их в порядке убывания относительной концентрации: водород (H), гелий (^4He), дейтерий (D), легкий изотоп гелия (^3He) и литий (Li). Впоследствии они станут исходными компонентами первичных молекул, наблюдательные проявления которых позволяют, как мы увидим, выявить очень тонкие и специфические особенности физики Вселенной на данном этапе.

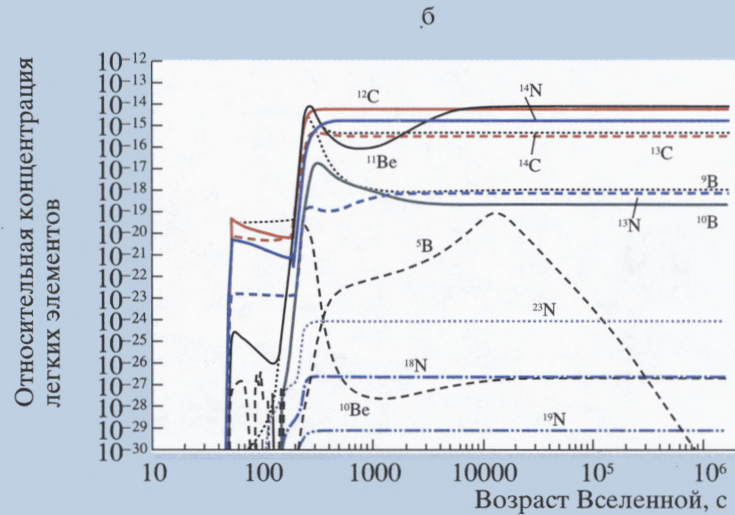
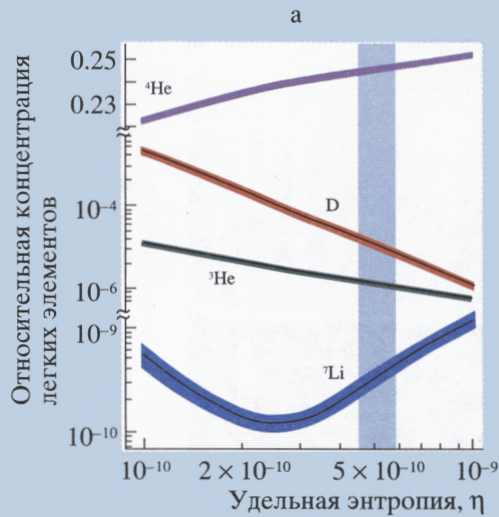
Затем следует длительный период расширения и остывания плазмы. В это время ничего радикального (по современным представлениям) не происходит. Остывшая плазма превращается (рекомбинирует) в нейтральный атомарный водород при $z_R \approx 1300$ – 1100 ($t \approx 400$ тыс. лет, где t – возраст Вселенной).

Одно из важнейших следствий Большого взрыва и последующей эволюции полей и вещества –

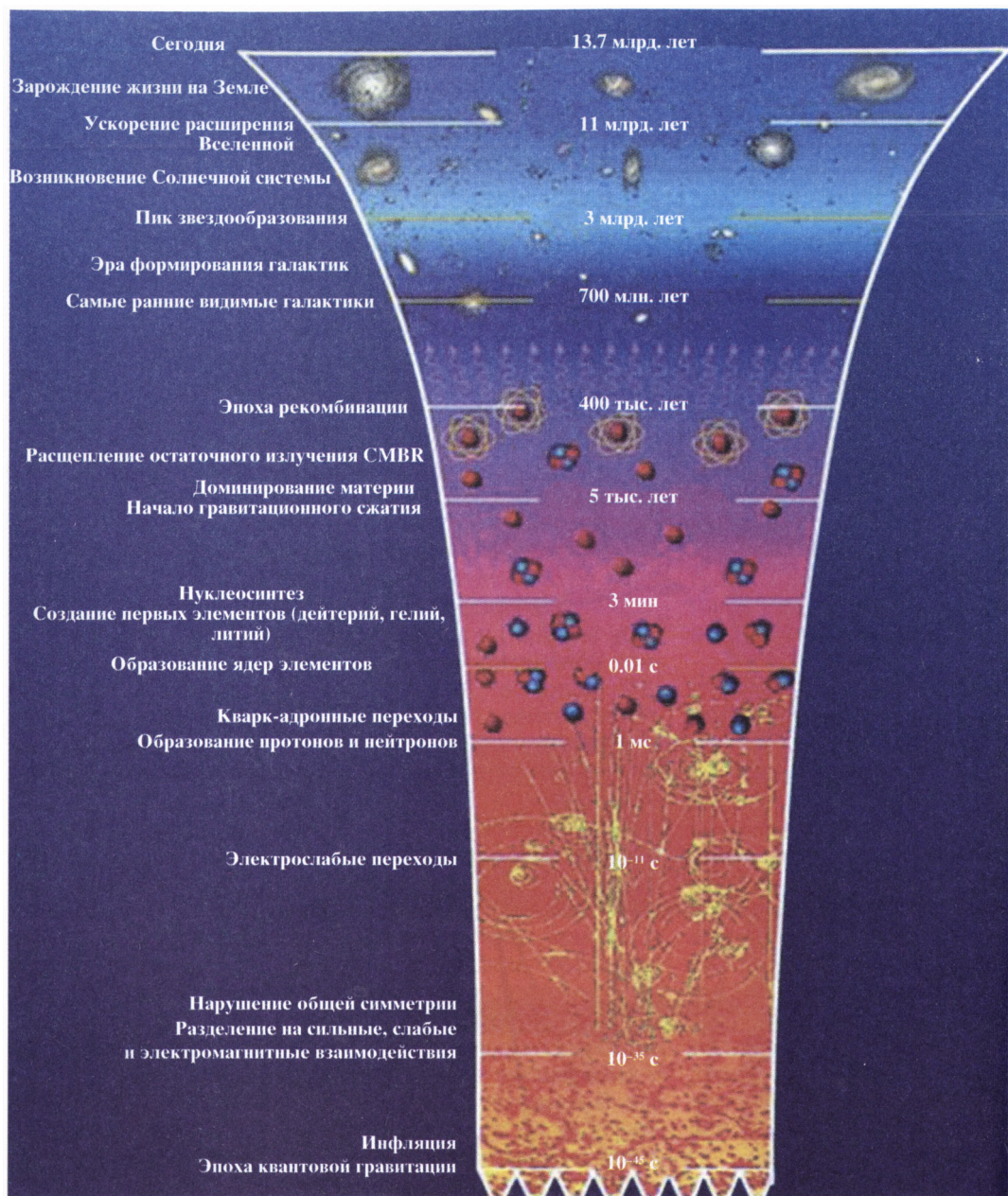
возникновение малых флуктуаций плотности материи и гравитационного поля. Именно эти флуктуации и определяют формирование современной картины распределения вещества (галактик, скоплений галактик) в видимой Вселенной. Флуктуации плотности до $z \approx 10$ имели сравнительно небольшой контраст по отношению к средней плотности вещества, и их движение носило характер набора хаотических звуковых колебаний различных масштабов. В дальнейшем происходят их гравитационное сжатие, нагрев и образование первичных звезд и галактик.

“ТЕМНЫЕ ВЕКА”, или ВСЕ
НЕБО В СОЛНЦАХ

Подавляющую часть всей астрофизической информации мы получаем благодаря электромагнитным волнам разных частот – от радиодиапазона до жесткого рентгеновского. Другие носители информации – космические лучи, нейтрино, гравитационные волны. Интерес к ним очень велик, в первую очередь из-за их огромной проникающей способности. Нейтрино, например, дает возможность изучать ядро Солнца. Потоки нейтрино могут просвечивать, как своеобразный “рентген”, гигантские толщи материи, что совершенно недоступно оптическому и радиоизлучению. В ранней Вселенной нейтрино перестает рассеиваться веществом начиная с эпохи



Предсказания теории первичного нуклеосинтеза для относительной концентрации химических элементов: а) легкие элементы, в зависимости от функции параметра η – удельной энтропии Вселенной (отношения числа барионов к числу фотонов во Вселенной). Современные данные выделены как наиболее достоверный интервал значений η внутри вертикальной голубой полосы; б) более тяжелые элементы, в зависимости от функции космологического возраста (стандартная модель).

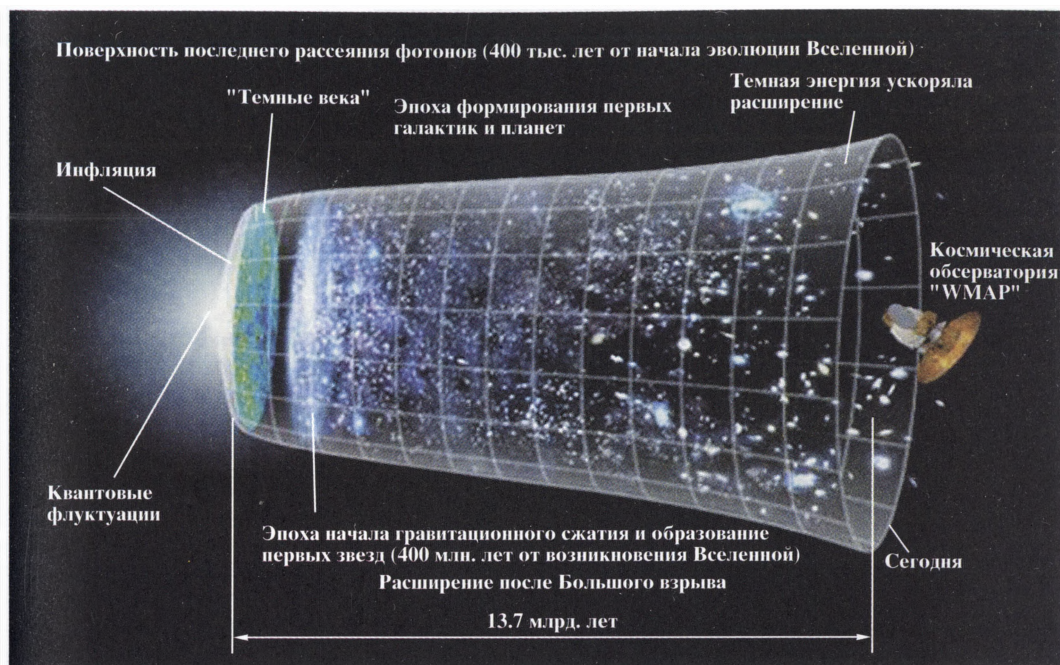


нуклеосинтеза ($t \approx 3$ мин). Еще большая проникающая способность у гравитационных волн — до $t \approx 10^{-30}$ с. Однако в настоящее время чувствительность соответствующих приемников очень далека от уровня, необходимого для регистрации космо-

логических нейтрино и гравитационных волн. В результате мы опять возвращаемся к электромагнитным волнам как наиболее надежному носителю интересующей нас информации.

При $z > z_R$ водород практически полностью

Стандартный сценарий эволюции Вселенной. Указаны основные этапы от ее возникновения (10^{-48} с) до настоящего времени. Невозможно было что-либо различить из-за непрозрачности плазмы в течение 400 тыс. лет от начала Большого взрыва в эпоху квантовой гравитации, стадии инфляции и образования нейтрального водорода.



Этапы эволюции Вселенной после рекомбинации водорода (400 тыс. лет от начала Большого взрыва) и его остывания ("Темные века"), когда не было никаких источников излучения. Поверхность последнего рассеяния фотонов (слабые флуктуации яркости CMBR) исследуют современные наземные и космические телескопы (в частности, изображенная здесь американская космическая обсерватория "WMAP").

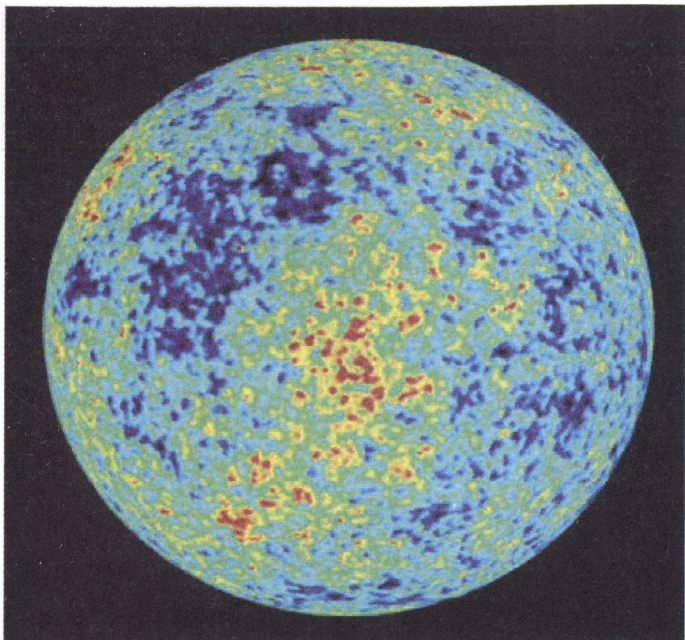
ионизован и рассеяние электромагнитного излучения на свободных электронах становится настолько большим, что фотоны "запутываются" среди электронов и изображения отдельных объектов сильно размываются. Остается только возможность изучать глобальные процессы энерговыделения до $z \approx 10^7$ ($t = 10\text{--}20$ ч) по спектру CMBR.

При $z < 1100$ и вплоть до $z \approx 10$, как уже говорилось, практически все вещество во Вселенной находится в нейтральном состоянии, то есть в виде атомов водорода и гелия, которые не взаимодействуют с низкочастотными фотонами CMBR. В результате Вселенная в этом интервале красных смещений прозрачна для радио- и инфракрасного излучения. Поэтому прямое исследование физических процессов во Вселенной по их электромагнитному излучению возможно только в интервале красных смещений — от $z = 0$ (современная эпоха) до $z_R \approx 1100$.

Наглядно это можно себе представить как наблюдение в направлении с Земли на Солнце. Поверхность (фотосфера) Солнца — довольно тон-

кий переходный слой плазмы, который мы видим в оптическом диапазоне как яркий однородный диск со слабо контрастным рисунком мелкой грануляции и крупных пятен. В глубь Солнца наши телескопы заглянуть не могут из-за огромной непрозрачности плазмы в видимом и радиодиапазоне, но все расстояние от фотосферы до Земли практически прозрачно. Вблизи Земли ее магнитосфера и атмосфера заметно влияют на прохождение волн, на очень длинных радиоволнах и в узких оптических спектральных линиях — уже избирательно.

Почти полностью нейтральный и холодный газ не может светить в оптическом диапазоне. Поэтому "Темные века" (Dark Ages) могут быть исследо-



Карта первичных флуктуаций температуры CMBR на момент окончания рекомбинации водорода и просветления Вселенной ($z \approx 1100$). Это аналог грануляции на Солнце, если бы все небо было сплошь покрыто солнцами.

вроде бы есть, но сама почти не светит и еще практически не видна на фоне Солнца.

МОЛЕКУЛЫ: КАКИЕ ОНИ
И ГДЕ “РАСТУТ”?

Молекулы образуются при столкновениях отдельных атомов или атомов и других молекул. Разрушаются они тоже при столкновениях с атомами, но главным образом при поглощении фотонов CMBR. При расширении Вселенной, начиная с некоторого z_m (для каждой молекулы своего, определяемого ее энергией связи), катастрофически быстро уменьшается число фотонов, способных разорвать молекулу. В результате она остается устойчивой, пока не появятся новые фотоны от первых звезд или горячая плазма от вторичного разогрева.

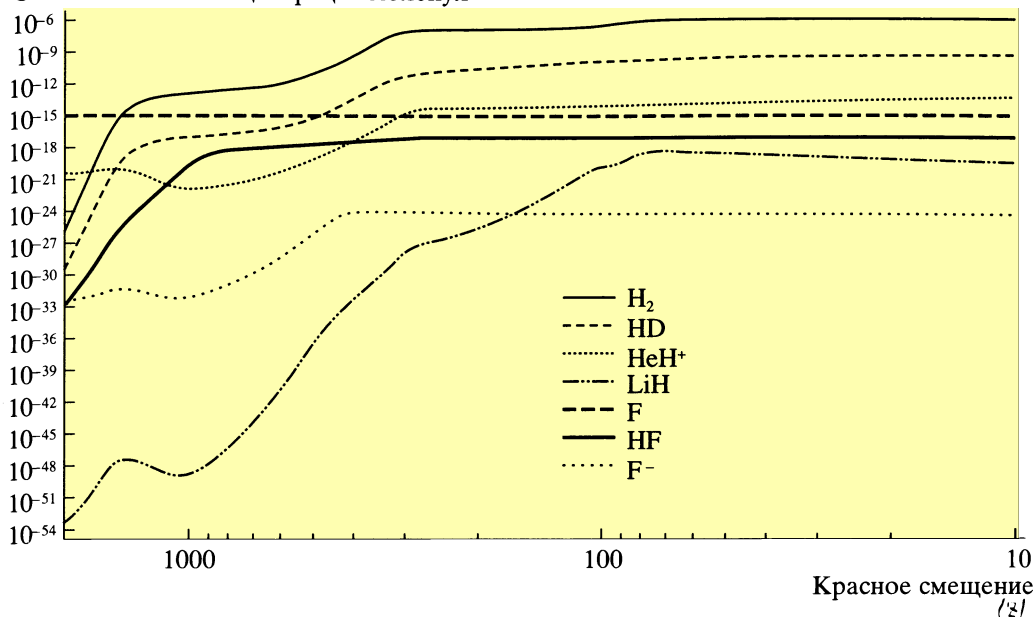
Какие основные молекулы должны были быть в ранней Вселенной? В нашем распоряжении набор атомов и ионов: атом водорода (H), его ион (H^+ – протон), стабильный изотоп водорода – дейтерий (D), атом гелия (основной изотоп) ^4He , его легкий изотоп ^3He , литий Li и некоторое количество свободных электронов (e).

ваны главным образом (а, возможно, и только) в радиодиапазоне! По аналогии с отрезком Земля–Солнце эпохе “Темных веков” соответствует пространство межпланетной среды от Солнца до магнитосферы Земли.

Вообще-то смысл термина “dark” (темный) в данном случае не совсем точен. В своем главном значении он применим только для выражения того факта, что в эту эпоху ни один объект не светил. Для гипотетического наблюдателя, жившего тогда, ситуация совсем иная. Дело в том, что Вселенная во все времена заполнена огромным количеством фотонов. В эпоху после рекомбинации водорода наш гипотетический наблюдатель видел бы себя погруженным в однородное и изотропное море света, как будто все

небо плотно покрыто звездами типа Солнца. Цвет этого неба менялся бы со временем от бордового до черного и инфракрасного. Но, например, для совы при $z \approx 100$ ($T \approx 300$ K) пространство было бы совершенно ослепительным: число фотонов, падавших на единицу площади в единицу времени, в этот момент в тысячи раз больше, чем число фотонов, которое сейчас падает на Землю от Солнца в ясный день! Так что понятие темноты в данный период достаточно условно. Проблема только в том, как это увидеть нам сегодня. Какими физическими процессами можно воспользоваться, чтобы все-таки что-то увидеть из происшедшего в “Темные века”? Та же проблема, что и при изучении материи между Солнцем и Землей. Она

Относительная концентрация молекул



Относительные концентрации основных молекул в ранней Вселенной в стандартном сценарии (для фтора взято максимально возможное значение обилия).

Этот список может быть дополнен более тяжелыми элементами: углерод (C), азот (N), кислород (O), фтор (F). Их при стандартном сценарии намного меньше, чем легких. Однако на их основе можно образовывать многоатомные молекулы, например воду (H_2O). Из элементов первого круга можно выделить следующие молекулы и молекулярные ионы — H_2 , H_2^+ , HD , HD^+ , HeH^+ , LiH , H_2D^+ ; из элементов второго круга — CH , CH^+ , NH , NH^+ , OH , OH^+ , HF . Для подробных расчетов их концентраций используют список всевозможных химических реакций. Из пе-

речисленных выше молекул HF имеет наибольшую энергию связи. Она перестает разрушаться фотонами фона при $z_M \approx 550$! А молекула воды может активно появляться при $z_M \approx 340$ ($t \approx 3$ млн. лет).

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ С ФОНОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Перейдем к описанию самого важного свойства молекул, которое определяет интерес к ним и порождает надежду разгадать с их помощью тайны "Темных веков". Все молекулы имеют дискретные энергетические уровни. У двухатомных молекул три типа уровней — вращательные, колебательные и электронные. Наименьшую энергию имеют вращательные уровни, колебательные — примерно в 50–100 раз больше, электронные — еще примерно в 10–20 раз больше. Пере-

ходы между этими уровнями приводят к поглощению или излучению фотонов с длинами волн от нескольких сотен микрон до тысяч ангстрем соответственно.

Исключительно важно, что поглощение или излучение происходит в очень узком интервале длин волн вблизи некоторых стандартных значений (строго индивидуальных для каждой молекулы). Вероятность поглощения и излучения в этих интервалах очень велика, так что эффективность рассеяния фотонов молекулой примерно на 12 порядков больше, чем электроном! Это позволяет надеяться, что первичные молекулы будут обнаружены даже при очень малых концентрациях.

Еще одно обстоятельство делает молекулы удобным инструментом исследования "Темных

веков”: их вращательный и колебательный спектры в данную эпоху идеально ложатся на спектр CMBR.

МОЛЕКУЛЫ – “ПРОЯВИТЕЛИ”
ПЕРВИЧНОЙ СТРУКТУРЫ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕЩЕСТВА

Распределение материи во Вселенной только приближенно можно считать однородным. Неоднородности по мере расширения нарастают, и в результате образуются те объекты, которые мы сегодня видим на небе. В нашем случае начальные неоднородности плотности и их скорости – слабые звуковые волны в масштабах, сравнимых с масштабами горизонта. Наличие пекулярной скорости у какого-либо объема вещества (облака) нарушает локальную изотропию фонового излучения: в системе этого облака температура CMBR в направлении скорости движения за счет эффекта Доплера становится больше, а в противоположном – меньше. Если вещество в облаке может рассеивать фотоны, то мы в своей системе увидим изменение температуры излучения в направлении на это облако. Отметим особо, что здесь принципиально важны оба фактора – движение облака и рассеяние в нем. Так, даже сильно непрозрачное облако, но не имеющее пекулярной скорости, не будет видно в силу однородности и изотропии освещающего его фонового излучения.

Появление молекул делает вещество частично

непрозрачным только в определенных узких участках спектра. Для наблюдателя это выглядит так. Облако, находящееся на красном смещении, будет видно в излучении или поглощении (в зависимости от знака скорости) в узких линиях, длины волн которых определяются молекулярными константами и величиной z . На частотах между этими линиями наблюдаем только фон или другое облако, если его красное смещение и положение в пространстве соответствуют условиям приема. Флуктуации интенсивности CMBR, таким образом, зависят от пространственных координат и частоты! Это явление можно назвать термином “спектрально-пространственные флуктуации” (Spectral-Spatial Fluctuations, SSF).

Важнейшее отличие резонансного рассеяния от континуального (при рассеянии на электронах) – принципиальная возможность разделить два облака, лежащих на одной линии – луче зрения наблюдателя, то есть построить трехмерную картину распределения вещества. Такая информация ценна для проверки расчетных моделей эволюции распределения вещества на очень большом интервале космологического времени ($z = 10\text{--}300$).

Аналогичную задачу решают оптические обзоры галактик и скоплений галактик, по которым строится картина крупномасштабной неоднородности распределения ве-

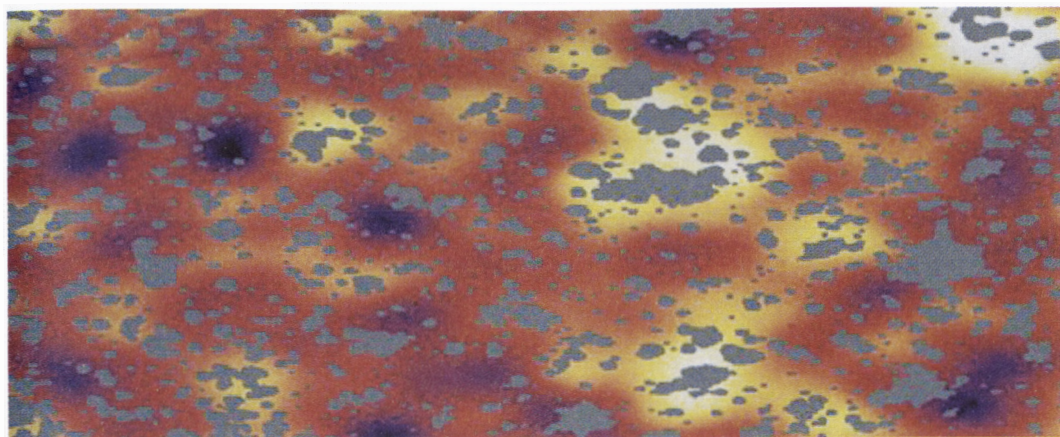
щества. Однако все они не выходят за рамки достаточно малых красных смещений и относятся к сильно проэволюционировавшим объектам. Исследование крупномасштабной структуры по SSF дает уникальную возможность увидеть начало эволюции данных систем.

Так же можно изучать физику и эволюцию “микромасштабных” (по меркам Вселенной) флуктуаций плотности. Речь идет о масштабах на 6–10 порядков меньше протогалактик. Теория предсказывает, что они должны намного раньше прийти до стадии гравитационно-связанных объектов. Образование молекул здесь идет существенно быстрее, температура вещества значительно выше температуры CMBR. Все это может приводить к появлению собственного излучения в линиях некоторых молекул.

Очень интересно исследовать химический состав вещества на микроуровне для ответа на вопрос о том, как проходил процесс нуклеосинтеза при начальных микрон неоднородностях, что, в свою очередь, важно для поиска новых форм материи и новых тяжелых частиц.

МОЛЕКУЛЫ-“ТЕРМОМЕТРЫ”

Еще один вид неравномерности – отличие спектра фонового излучения от планковского. Это может быть следствием действия каких-либо новых источников энергии, приводящих к излучению фо-



Возможно, так выглядело небо примерно 400 млн. лет после Большого взрыва (темные облака – области холодного газа, не дошедшие до стадии гравитационного сжатия).

тонов. В частности, речь может идти о распаде частиц (пока нами не открытых) нестабильной скрытой массы, которые либо сразу распадаются на фотоны (как, например, аксионы), либо продукты их распада нагревают вещество с последующим излучением. Молекулы могут “дробить” фотоны (эффект люминесценции): поглощается фотон одной энергии, а излучается несколько. Среди новых фотонов могут быть такие, длина волны которых в 50–100 раз больше, чем у исходного фотона. В результате интенсивность искажений фона, например в области далекого субмиллиметрового диапазона, может быть определена по спектральным линиям в сантиметровых или миллиметровых длинах волн. Уникальность такого метода в том, что

первичные молекулы позволяют изучать механизмы раннего энерговыделения без учета помех от излучения звезд и пыли, возникающих на гораздо более поздних стадиях эволюции.

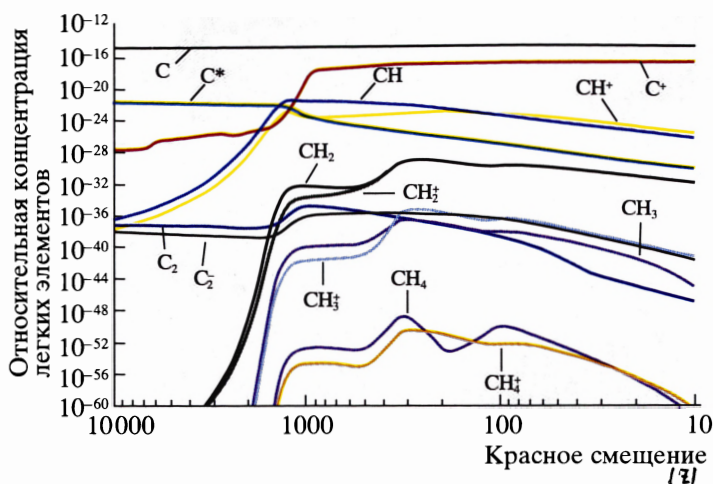
Большое разнообразие молекул и их спектральных характеристик позволяет изучать первичное энерговыделение в широком диапазоне времени, проследить динамику таких процессов. Если речь будет идти о распадающихся частицах, можно оценить период их полураспада. Астрофизические измерения здесь могут быть абсолютно вне конкуренции с любыми другими методами.

МОЛЕКУЛЫ ПЕРВИЧНЫХ ЗВЕЗД

Когда говорят о роли молекул в формировании первого поколения звезд, как правило, имеют в виду молекулу водорода – H_2 . Основное ее достоинство – относительно большое обилие (на 6–10 порядков больше других), основной недостаток – ее

симметрия, которая резко уменьшает вероятность излучения и поглощения фотонов. Тем не менее именно H_2 играет ключевую роль в охлаждении первичных облаков после их гравитационного сжатия и нагрева, открывая путь к их дальнейшему сжатию вплоть до образования звезды. Интерес к данной проблеме связан с описанием необходимого звена в общем эволюционном сценарии развития первичных флуктуаций от очень малых значений до современных звезд. Оказывается, что даже с одной только H_2 проблема решается. Учет других молекул вносит в эту картину лишь новые интересные краски. Так, могут заметно измениться моменты образования первых звезд, их минимальные массы, особенности их пространственного распределения и т.д. Детальное изучение этих параметров даст уникальную дополнительную информацию о процессах в “Темные века”.

Момент образования первичных звезд завер-



Модель относительных концентраций многоатомных молекул на основе углерода в стандартном сценарии. Сложных молекул крайне мало, например относительная концентрация метана (CH_4) в максимуме не больше 10^{-48} !

шает эпоху "Dark Ages". Во "Вселенной" появляются привычные источники излучения в видимом и инфракрасном диапазонах при $z \approx 10$ ($t \approx 400$ млн. лет). Их еще не очень много, они не успели заполнить все пространство новыми химическими элементами и разрушить более ранние молекулы, но уже начинается эпоха вторичного разогрева, или вторичной ионизации.

В области вспышек существенно возрастает концентрация свободных электронов и ионов водорода. Примерно в это же время звуковые волны переходят в нелинейный режим и образуются ударные волны, меняется ионизационное и температурное распределение в пространстве, что радикально влияет на концентрацию, например, молекулы HeH^+ . Именно эта молекула, скорее всего, будет основным тестом на эту эпоху. В окрестностях вспыхивающих звезд могут появиться молекулы углеродного, азотного и кислородного ряда из-за их выброса из

недр первых сверхновых. Еще раз обратим внимание на то, что за счет узости линий видна трехмерная картина, отсюда получаем полное представление обо всех этапах эволюции. Так же можно изучать первичные молекулы на просвет горячих источников и по продуктам переработки излучения звезд механизмом люминесценции.

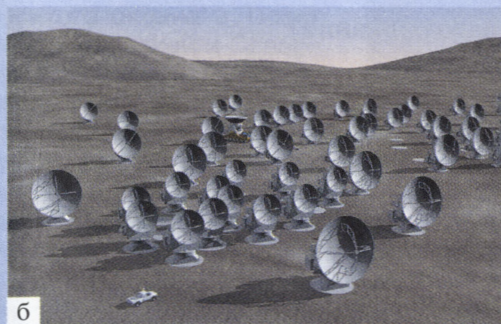
МОЛЕКУЛЫ И ПЕРВИЧНАЯ "ЖИЗНЬ" В РАННЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Очень интересен вопрос о первичных органических молекулах и возможности существования первичных форм живой материи. Для образования органики необходим как минимум углерод, а также кислород и азот (водород гарантированно есть). Но и при существовании этих элементов в составе первичного вещества, как показывают расчеты, многоатомных молекул образуется на много порядков меньше, чем двухатомных.

Ситуация может радикально измениться, если в первичном веществе есть небольшие, но достаточно плотные объекты с массой, близкой к массе Земли. Сейчас трудно говорить о существовании каких-либо аналогов систем, подобных Земле, при $z = 100$ ($t \approx 1$ млн. лет). Отметим только, что температура T в "микроволновке" в этот момент будет всего $5-10^\circ\text{C}$!

ВОЗМОЖНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЙ

Основные идеи и результаты, изложенные выше, были высказаны и получены более 20 лет назад. Примерно 5-6 лет назад ученые Специальной астрофизической обсерватории РАН начали систематические наблюдения для обнаружения первичных молекул на уникальном российском радиотелескопе РАТАН-600 (станция Зеленчукская). Задача заключалась в поиске и анализе основных источников помех и отработке оптимальной методики наблюдений. Ввиду очень малых ожидаемых величин эффекта и огромной сложности проблемы очистки от посторонних сигналов работа не может дать быстрого



Наземные радиотелескопы, на которых можно искать сейчас и в будущем первичные молекулы: а) РАТАН-600 САО РАН (станция Зеленчукская, Россия); б) в 2011 г. в пустыне Атакама (Чили) должна начать работу самая большая в мире радиотелескопическая система ALMA (Atacama Large Millimeter Array), состоящая из 64 антенн; в) на высокогорном плато Суффа (Узбекистан) российские и узбекские специалисты создадут уникальный радиоастрономический комплекс РТ-70. Диаметр зеркала полноповоротного радиотелескопа – 70 м; этот инструмент предназначен для наблюдений в миллиметровом диапазоне.

результата. История науки знает много примеров, когда, казалось бы, совершенно фантастические задачи успешно решались путем длительного творческого труда ученых всего мира. Среди будущих

радиотелескопов, которые могут внести существенный вклад в решение данной проблемы, особо выделим гигантский международный проект ALMA – систему из 64 радиотелескопов диаметром 12 м, устанавливаемую в пустыне Атакама (Чили) на высоте 5500 м над уровнем моря. Российские и узбекские специалисты проектируют уникальный сплошной полноповоротный радиотелескоп миллиметрового диапазона диаметром 70 м (РТ-70) на плато Суффа (Узбекистан) на высоте 2700 м над уровнем моря. Его строительство, начатое в конце 1980-х гг. еще в СССР и законсервированное на долгие годы, сейчас планируется продолжить. Применение новых технологий формирования поверхно-

сти, адаптивного управления и современных радиоприемников позволит создать очень хороший инструмент, в частности для решения описанных в данной статье задач.

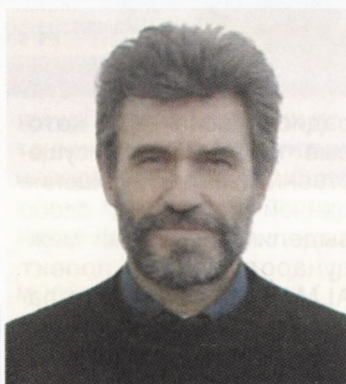
Итак, мы познакомились с таким понятием, как “Dark Ages” – “Темные века”, – и можем теперь представить себе, какую роль играют первичные молекулы в вопросе о “просветлении” эпохи, то есть формировании различных наблюдательных проявлений дозвездных объектов. Увидеть эти проявления довольно сложно из-за катастрофически малых концентраций первичных молекул. Но если они все-таки будут обнаружены, то полученная уникальная информация окупит вложенные затраты.

Перспективы Северного морского пути

(по данным моделирования)

И. И. МОХОВ,
член-корреспондент РАН
В. Ч. ХОН,
кандидат физико-математических наук
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН

В последние годы в мире снова заметно повысился интерес к Арктике. Это связано как с открытием значительных ресурсов в пределах Арктического бассейна, так и с заметными климатическими изменениями в арктических широтах. Быстрое сокращение площади распространения морского льда ввиду повышения температуры поверхности расширяет перспективы освоения Арктики. Более полное использование Северного морского пути позволяет сократить на 40% путь от Северной Европы до Северо-Восточной Азии и северо-



западного побережья Северной Америки по сравнению с южными маршрутами через Суэцкий или Панамский каналы. В 2005 г. впервые Северного полюса достиг не ледокол, а научно-эспе-

диционное судно “Академик Федоров” (Земля и Вселенная, 2007, №№ 4, 6). Особое внимание сейчас приковано к полярным широтам в связи с Международным полярным годом 2007–2009 гг.

ИЗ ИСТОРИИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО ПУТИ

Идея использования Северного морского пути (СМП), который раньше

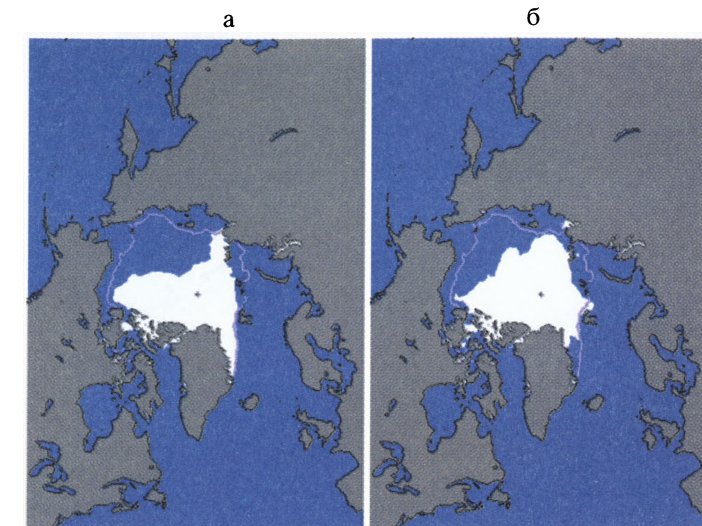
назывался Северо-Восточным морским проходом, приписывается русскому дипломату **Д. Герасимову** (1525). История же СМП формировалась

еще с первых плаваний поморов, начиная с XI в., и была продолжена сибирскими казаками, ходившими на парусных морских кочах. Казак **Семен**

Арктический морской ледовый покров (по наблюдениям со спутников) в сентябре 2007 г. (а) и 2008 г. (б). Программа DSMPF-13 (NASA).

Дежнёв “со товарищи” 360 лет назад доказал существование морского прохода из Северного Ледовитого океана в Тихий между Евразией и Северной Америкой. **М.В. Ломоносов** был убежден в том, что “могущество России будет прирастать Сибирью и Ледовитым океаном”. В своих работах “Краткое описание разных путешествий по северным морям и показание возможного проходу Сибирским океаном в Восточную Индию” (1763) и “О северном мореплавании на Восток по Сибирскому океану” (1764) он обосновал возможность Северного морского прохода из Атлантического океана в Тихий.

Адмирал **С.О. Макаров** и ученый **Д.И. Менделеев** стратегически видели СМП в качестве северной части единой транспортной системы России; основа ее южной части – Транссибирская железнодорожная магистраль. Связь между “Севером” и “Югом” осуществляется текущими в Ледовитый океан великими российскими реками. По инициативе адмирала С.О. Макарова в самом конце XIX в. вступил в строй первый в мире ледокол “Ермак”. В 1904 г. во время русско-японской войны рассматривалась



возможность проводки Северным морским путем российских военных кораблей Балтийского флота на Дальний Восток.

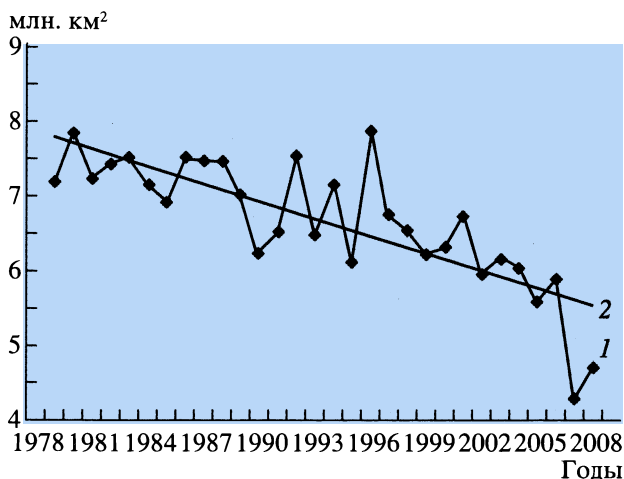
В 1932 г. с создания Главного управления Северного морского пути (ГУСМП) началась организация регулярного судоходства по СМП – от Белого моря до Берингова пролива. В этом году впервые за одну навигацию СМП прошло транспортное судно без ледокольной поддержки – ледокольный пароход “Сибиряков”. В 1930-е и 1940-е гг. был построен ряд арктических портов: Игарка, Диксон, Певек, Провидения и др. С конца 1970-х гг. начато круглогодичное использование СМП с помощью ледоколов.

Очередным этапом стало введение в эксплуатацию атомных ледоколов, сначала первого в мире атомного ледокола “Ленин” (1959), затем более мощного ледокола “Арк-

тика”, который в 1977 г. стал первым надводным судном, достигшим Северного полюса.

Интерес нашей страны к Арктике не случаен. В мировом сообществе обсуждается геолого-геофизическая обоснованность притязаний России на расширение ее шельфа вплоть до Северного полюса в области хребта Ломоносова. Общая площадь шельфа и внутренних морей в российской зоне Арктики – около 4 млн. км²; что сравнимо с общей площадью российской суши в Арктике – около 5 млн. км² (почти 30% территории России).

Россия обладает правами на природные ресурсы Арктического бассейна в пределах 200-мильной зоны. Площадь экономической зоны России может быть продолжена на континентальном шельфе более чем на 1 млн. км². По прогнозам, ресурсы углеводородов шельфа со-



Межгодовые изменения площади морских льдов в Арктике в сентябре (по спутниковым данным) за 1989–2008 гг. (1) и тренд сокращения площади (2).

ставляют около 5 млрд. т условного топлива (в пересчете на нефть). Общий объем углеводородного сырья (нефть, газ, конденсаты) шельфовой зоны превышает 100 млрд. т условного топлива. Уже разведано около 4 трлн. м³ газа и более 3 млрд. т нефти и конденсатов. Особенно значительны запасы метана в виде газогидратов.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОМ БАССЕЙНЕ

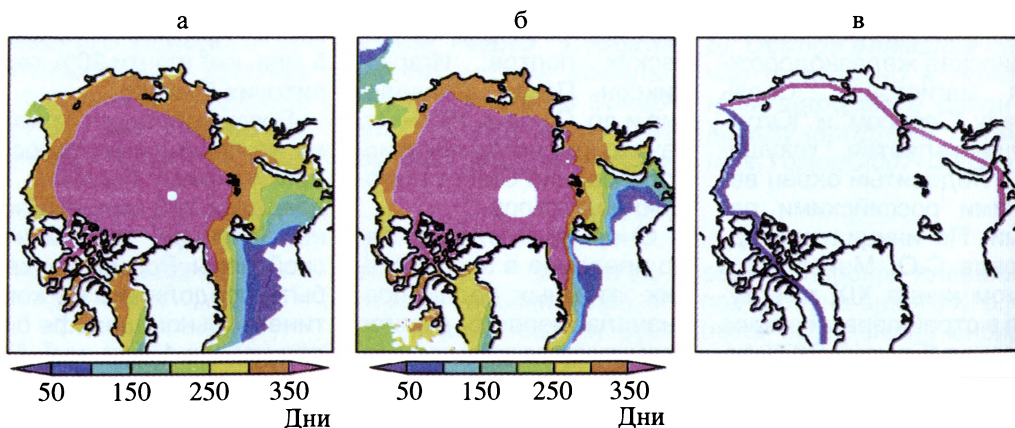
Происходящие во всем мире изменения климата

особенно поразительны в Арктике. Благодаря им в последние годы резко сокращается распространение морского льда в Арктическом бассейне, причем этот процесс идет существенно быстрее, чем ожидалось, даже при агрессивных антропогенных сценариях. В результате создается реальная возможность освоения Арктики с хорошими перспективами для Северного морского пути.

За всю историю спутниковых наблюдений в сентябре 2007 г. площадь морских льдов в Север-

ном Ледовитом океане была наименьшей. Льды покрывали в акватории около 4.3 млн. км², тогда как в конце 1970-х гг. – около 7.5 млн. км². Эти изменения свидетельствуют об увеличении времени судоходной навигации в окраинных морях Северного Ледовитого океана и повышении перспектив использования основных арктических транспорт-

Пространственное распределение продолжительности ледового сезона, рассчитанное по ансамблю отобранных моделей (а) в сопоставлении со спутниковыми данными (б) для периода 1980–1999 гг. Отдельно отмечены трассы (в) Северного морского пути и Северо-Западного прохода, для которых проводился анализ.



Изменения продолжительности навигационного периода для Северного морского пути (а) и Северо-Западного прохода (б) по спутниковым данным (1) и по модельным расчетам (2) при антропогенном сценарии SRES-A1B (диапазон соответствующих стандартных отклонений выделен серым цветом).

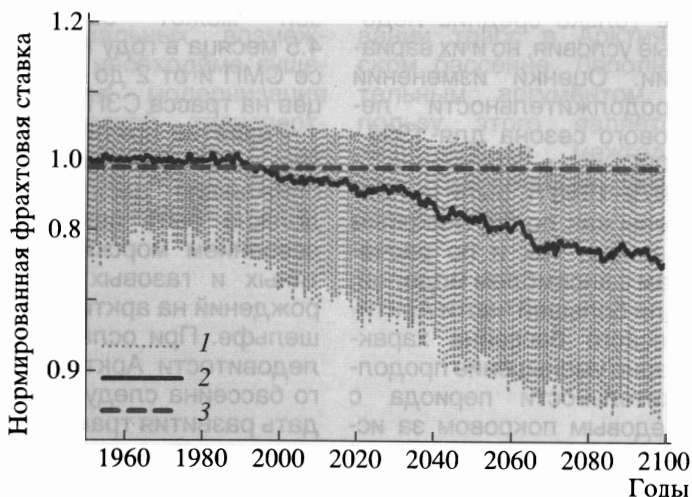
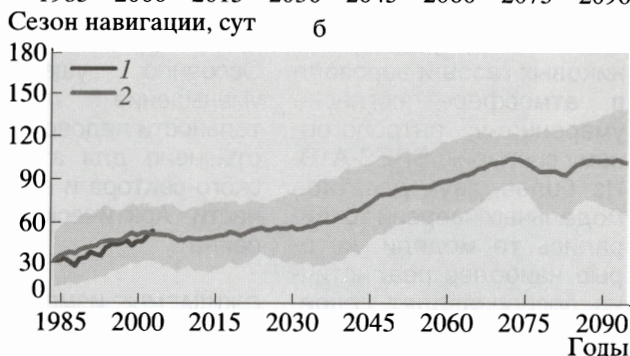
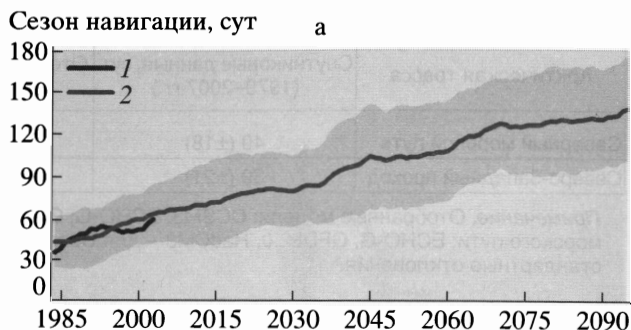
ных систем – СМП вдоль Евразии и Северо-Западного прохода (СЗП) вдоль Северной Америки через Канадский Арктический архипелаг. Сокращение в сентябре 2007 г. зоны распространения арктического морского льда до минимального уровня сделало СЗП полностью судоходным впервые за всю историю наблюдений. Сентябрь 2008 г. стал вторым по аномальной ледовитости после сентября 2007 г.

Согласно модельным оценкам, при антропогенных сценариях следует ожидать дальнейшего отступления морского льда в Арктике, что может существенно продлить сезон морской навигации и приблизить использование новых высокоширотных маршрутов для судоходства.

При оценке ожидаемых в XXI в. изменений харак-

теристик ледового покрова Арктического бассейна в Институте физики атмосферы (ИФА) им. А.М. Обухова РАН учитывались результаты численных экспериментов с глобальными климатическими моделями. Расчеты с этими

моделями использовались при подготовке 4-го оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по оценке климатических изменений (Земля и Вселенная, 2009, № 1). Анализировались результаты численных



Модельные оценки изменения среднемесячной (1) и среднегодовой (2) нормированной фрахтовой ставки для СМП в сопоставлении с оценкой фрахтовой ставки через Суэцкий канал (3).

Продолжительность навигационного сезона

Арктическая трасса	Спутниковые данные, сут (1979–2007 гг.)	Отобранные модели, сут (1979–2007 гг.)	Отобранные модели, сут (2080–2099 гг.)
Северный морской путь	49 (± 18)	51 (± 20)	134 (± 38)
Северо-Западный проход	39 (± 21)	41 (± 22)	100 (± 35)

Примечание. Отобранные модели: CCSM3, ECHO-G; GFDL2.0, HadGEM1, IPSL-CM4 – для Северного морского пути; ECHO-G, GFDL2.0, HadCM3 – для Северо-Западного прохода. В скобках приведены стандартные отклонения.

экспериментов с увеличением концентрации парниковых газов и аэрозоля в атмосфере согласно умеренному антропогенному сценарию SRES-A1B. Из более двух десятков модельных версий отбирались те модели, которые наиболее реалистично воспроизводят современный режим распространения морского льда, а также его изменения в последние десятилетия. Результаты модельных расчетов длительности ледового сезона сравнивались с ежедневными спутниковыми данными пассивного микроволнового зондирования.

Лучшие современные климатические модели способны достаточно реалистично воспроизводить не только средние ледовые условия, но и их вариации. Оценки изменений продолжительности ледового сезона для 1998–2007 гг. в сравнении с 1979–1988 гг. были выполнены как по спутниковым данным, так и по расчетам с ансамблем моделей. Для большей части Арктического бассейна характерно уменьшение продолжительности периода с ледовым покровом за исключением центральной полярной области (с круг-

логодичными многолетними морскими льдами). Особенно существенное уменьшение продолжительности ледового сезона отмечено для атлантического сектора и восточной части Арктического бассейна.

ОЖИДАЕМЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ
В НАВИГАЦИОННОМ СЕЗОНЕ
В XXI в.

Продолжительность навигационного сезона на трассах Северного морского пути и Северо-Западного прохода, рассчитанная с использованием отобранных моделей, достаточно хорошо соответствует данным наблюдений в условиях современного климата. К концу XXI в. навигационный сезон может составить 4,5 месяца в году на трассе СМП и от 2 до 4 месяцев на трассе СЗП.

Развитие арктического морского судоходства в ближайшие десятилетия должно быть связано с освоением морских нефтяных и газовых месторождений на арктическом шельфе. При ослаблении ледовитости Арктического бассейна следует ожидать развития транзитных морских грузоперевозок по СМП и в более отда-

ленной перспективе по СЗП (в ближайшие 10–20 лет коммерческие транзиты по СЗП маловероятны). Расширение сроков Арктической морской навигации может существенно снизить затраты на ледокольное обеспечение транспортных судов и их ледовое усиление, сократить средние сроки доставки грузов, а также повысить вероятность круглогодичного и бесперебойного транзита. Вследствие этого должна возрасти надежность транзита и снизиться себестоимость перевозок, что существенно повысит коммерческую привлекательность использования Арктических транспортных систем в сравнении с южными вариантами плавания (через Суэцкий или Панамский каналы). Более того, при современных темпах роста мировых грузопотоков (около 6% в год) пропускная способность Суэцкого и Панамского каналов будет ограничена.

Для второй половины XX в. было установлено соотношение между сезонными изменениями фрахтовой ставки (цены морской перевозки единицы груза) транзита через СМП с соответствующими изменениями пло-



Караван судов на трассе Северного морского пути, ведомый ледоколом "Ямал".

щади морского льда в российской Арктике. Оценены возможные изменения стоимости транзита через СМП, рассчитанные с использованием отобранных моделей. Согласно модельным оценкам, можно ожидать, что круглогодичные перевозки по

СМП к концу XXI в. станут примерно на 15% дешевле транзита через Суэцкий канал. Следует отметить, что, согласно модельным расчетам, СМП окажется экономически более привлекательным даже в зимние месяцы.

Для реализации новых потенциальных возможностей необходима существенная модернизация Арктической транспортной системы со строительством новых транспортных средств (напри-

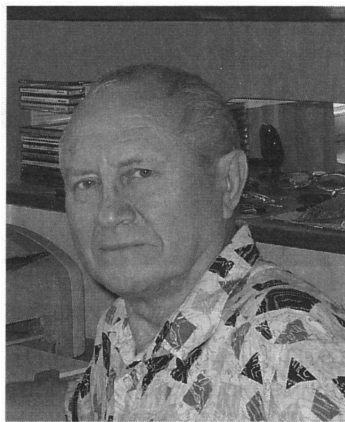
мер, ледовых контейнеровозов). Подобная перспектива не означает уменьшения потребности в ледокольном флоте, а, наоборот, должна способствовать увеличению потребности в нем в ближайшие десятилетия при более активном использовании трасс в Арктическом бассейне. Дополнительным аргументом в пользу этого является значительная межгодовая изменчивость ледовых условий.

Феномен подземного звука

А. С. БЕЛЯКОВ,
кандидат технических наук
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН

В результате нарушения сплошности твердой среды под земной поверхностью рождается звук. Он может служить источником информации о том, что происходит в глубинах (Земля и Вселенная, 1996, № 2). 12 лет назад автор впервые рассказал о явлении подземного звука.

За годы, прошедшие со времени первой публикации, сделаны новые наблюдения и прямые измерения подземного звука с помощью сконструированного автором в Институте физики



Земли РАН прибора – геофона с кристаллическим сенсором. Измерены амплитуды колебаний земной коры, не пре-

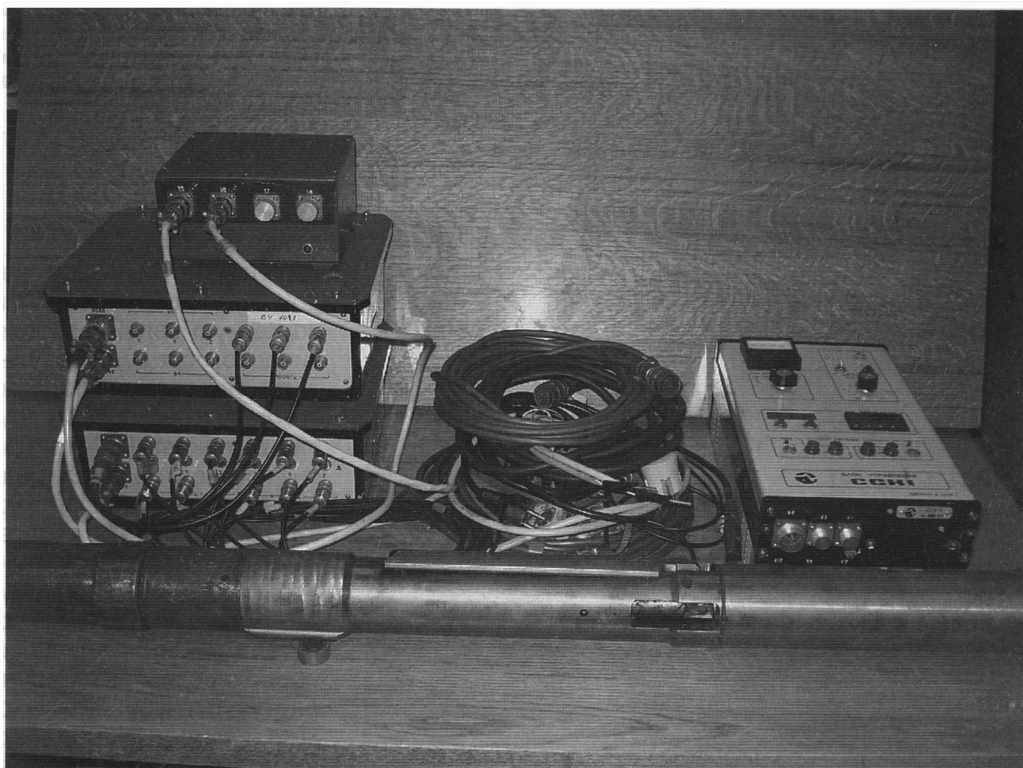
вышающие миллионные доли нанометров. Чувствительность сенсора при десятикратном увеличении частоты колебаний возрастает в 1000 раз. Примерно так же резко уменьшаются амплитуды подземного звука. Сочетание этих двух характеристик дало возможность в мельчайших подробностях наблюдать акустические процессы в земной коре. До настоящего времени у этого прибора нет зарубежных аналогов. Нигде, кроме России, он не изготавливается.

ПОДЗЕМНЫЙ ЗВУК
И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО
ИЗУЧЕНИЯ

Профессор Т. Рикитакэ из Института по изучению землетрясений при Университете в Токио в книге “Предсказание землетрясений” ссылаясь на классическую японскую литературу, в которой описаны случаи, когда местные жители в течение нескольких дней перед зем-

летрясением слышали гул, идущий из-под земли, а за несколько часов до первых толчков раздавались звуки, похожие на взрывы. В конце XIX в. профессор сейсмологии из Рима М.С. де Росси установил в пещере, расположенной на внешнем склоне потухшего вулкана Рока ди Папа, на глубине 20 м, изобретенный им сейсмический микрофон. Соединив его с телефонным аппара-

том Белла, Росси услышал ночью “шумы, взрывы, отдельные и целыми залпами, металлические или колокольные звоны”. Все эти подземные звуки перемешивались и достигали наибольшей силы через неправильные интервалы времени. К сожалению, в те далекие времена в научных исследованиях не применялся фонограф Эдисона, и подземный звук не регистрировался.

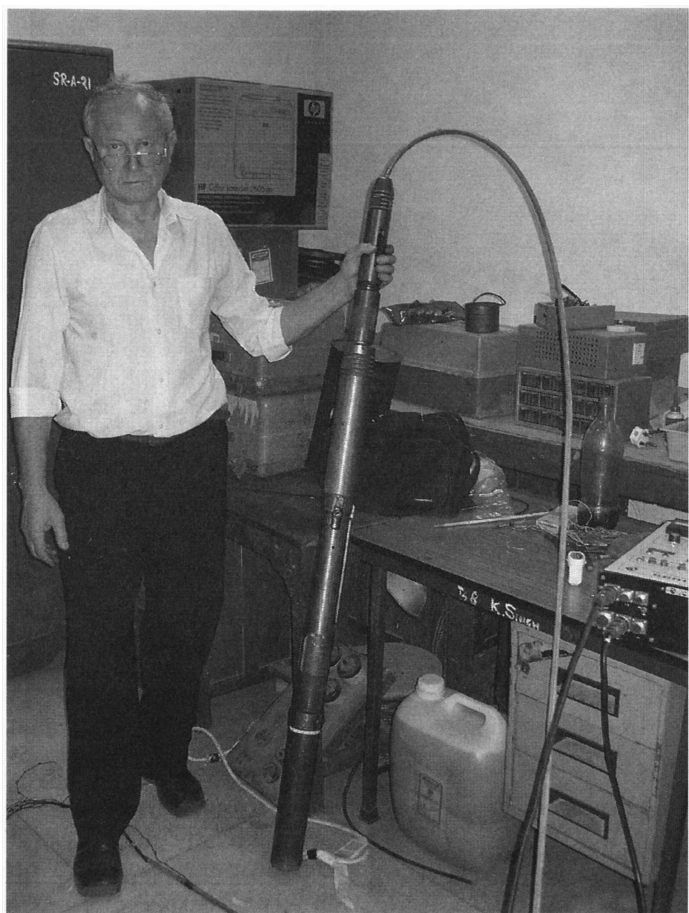


Комплект аппаратуры для исследований в скважинах. На переднем плане – трехкомпонентный магнитоупругий геофон с электромеханическим прижимным устройством. Справа – блок управления прижимом, слева – блоки усиления сигналов и сетевого питания.

Для современных исследований подземного звука используются оригинальные **магнитоупругие геофоны**, которые по сравнению с приборами традиционной сейсмологии обладают сверхвысокой чувствительностью на звуковых частотах. Сенсор нового геофона представляет собой **жесткий массивный кристаллический ферромагнетик** без подвижных частей. Механические напряжения преобразуются в электромагнитный сигнал на границах спин-орбитального взаимодействия атомов внутри кристалличе-

ской структуры доменов сенсора, и его изменения воспринимаются внешней обмоткой. Чувствительность такого сенсора на частотах от 2 до 2000 Гц составляет от 10^{-6} до 10^{-15} м, нижний предел соизмерим с классическим радиусом электрона ($2.81794 \cdot 10^{-15}$ м). Возможность практической реализации приборов с таким уровнем чувствительности нередко вызывает сомнения у тех, кто не знаком с последними достижениями в области уникальных измерений. Например, выдающийся американский ученый **К. Торн**,

труды которого в области квантовых измерений имеют международное признание, выступил в 2001 г. на заседании Президиума РАН с докладом *“Черные дыры и гравитационные волны”*. Он сообщил тогда, что при измерениях относительных колебаний зеркал лазерного интерферометра достигнута чувствительность $4 \cdot 10^{-18}$ м и в ближайшее время предполагается повысить ее до 10^{-19} м. Это соизмеримо с классическим радиусом протона ($1.53469 \cdot 10^{-18}$ м). Получение столь высокой чувствительности – очень серьезная техническая и



Трехкомпонентный геофон, соединенный с кабель-тросом, подготовлен к спуску в скважину его конструктором – А.С. Беляковым.

технологическая задача, ведь измеряемые амплитуды колебаний в 10 тыс. раз меньше размера атомного ядра. Однако если такую задачу уже решают астрономы, то и наши относительно грубые измерения в земной коре с помощью магнитоупругого геофона не должны вызывать сомнения в их реальности.

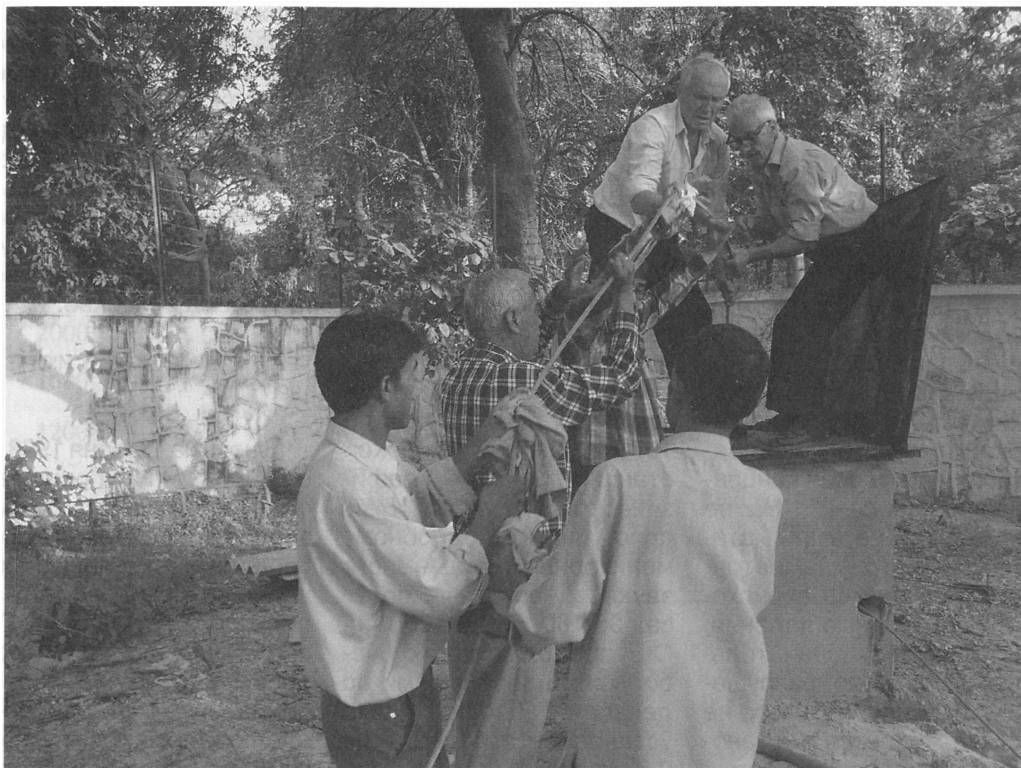
ГЕОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СКВАЖИНАХ

Сотрудники Института физики Земли РАН под руководством члена-кор-

респондента РАН А.В. Николаева исследовали фоновые вариации подземного звука в 1995 г. с применением геофона в штольнях и скважинах разной глубины.

Для определения соотношения экзогенного и эндогенного шумов в верхней части земной коры летом был проведен эксперимент в скважине глубиной 930 м, пробуренной в однородных осадочных породах Припятского прогиба в месте, достаточно удаленном от источников индустриального шума. Скважина, созданная для

испытаний сейсморазведочных приборов, имела надежную связь с геофизической средой. Результаты измерения подземного звука на разных глубинах показали, что при низких частотах амплитуды уменьшаются от поверхности до глубины 250 м, а затем начинают увеличиваться, в то время как амплитуды высокочастотного звука минимальны на поверхности и интенсивно растут с глубиной. Похожее распределение подземного звука наблюдалось и в других скважинах. Характер распределения свидетельствовал об уменьшении влияния экзогенного шума и существенном усилении эндогенного шума с ростом глубины. Сам по себе экзогенный шум был предсказуем, а для выяснения происхождения, структуры и причин вариаций эндогенного подземного звука требовались дополнительные исследования. Они произведены трехкомпонентным геофоном в той же скважине на глубине 925 м 20 июля – 19 августа 1996 г. Новые ряды усредненных за 1 мин амплитуд сигналов показали причудливость кривых временного хода вертикальных и горизонтальных амплитуд сигналов. Порой они конгруэнтны,



Создатели геофона и сотрудники Горной обсерватории в Дели (Индия) спускают его в скважину на глубину 100 м.

но иногда расходятся до противофазы. На высоких частотах, когда поверхностные шумы минимальны, были обнаружены регулярные, возникавшие три раза в сутки, кратковременные усиления сигналов, их амплитуда возросла примерно на 15% от среднего уровня. Наблюдались они в 4, 10 и 16 ч по Гринвичу, причем 10-часовой экстремум был точно приурочен к полуденному максимуму солнечной компоненты приливной деформации. Их амплитуды изменялись синхронно с величиной лунной приливной деформации.

После неоправданно коротких (одна неделя в США в 1990 г. и четыре месяца в Японии в 1998 г.) наблюдений подземного звука в скважине и штольне нам представилась возможность произвести более длительные наблюдения подземного звука почти в центре азиатского континента. В соответствии с совместным меморандумом от 2003 г. между РАН и Метеорологическим отделом правительства Индии на северной окраине Дели в 2007 г. на территории Сейсмической обсерватории была специально пробурена скважи-

на глубиной 100 м для акустических измерений. Совместными усилиями индийских и российских ученых в скважину было установлено оригинальное российское оборудование. Предполагалось наблюдение подземного звука на начальной стадии ограничить шестью месяцами, однако индийским ученым удалось обнаружить очень интересные акустические явления в процессе развития землетрясений, и в конце 2008 г. было принято совместное решение о продлении наблюдений подземного звука еще как минимум на три года.

Почти все наши работы по изучению подземного звука так или иначе связаны с поиском оперативных предвестников землетрясений, на основе которых можно было бы создать надежную систему экологической защиты крупных городов и потенциально опасных технических объектов. Москва — яркий пример плотной застройки и высокой концентрации населения. На ее территории не было катастрофических землетрясений, но иногда происходили загадочные явления, вызывающие значительные локальные разрушения, причину которых не всегда удается установить. Для оценки уровня поверхностных шумов и изучения возможности раннего обнаружения геологических эксцессов в большом городе был проведен мониторинг подземного звука в центре Москвы, что позволило изучить особенности фонового городского шума и показало принципиальную возможность наблюдения на этом фоне ряда эпизодических событий различной природы.

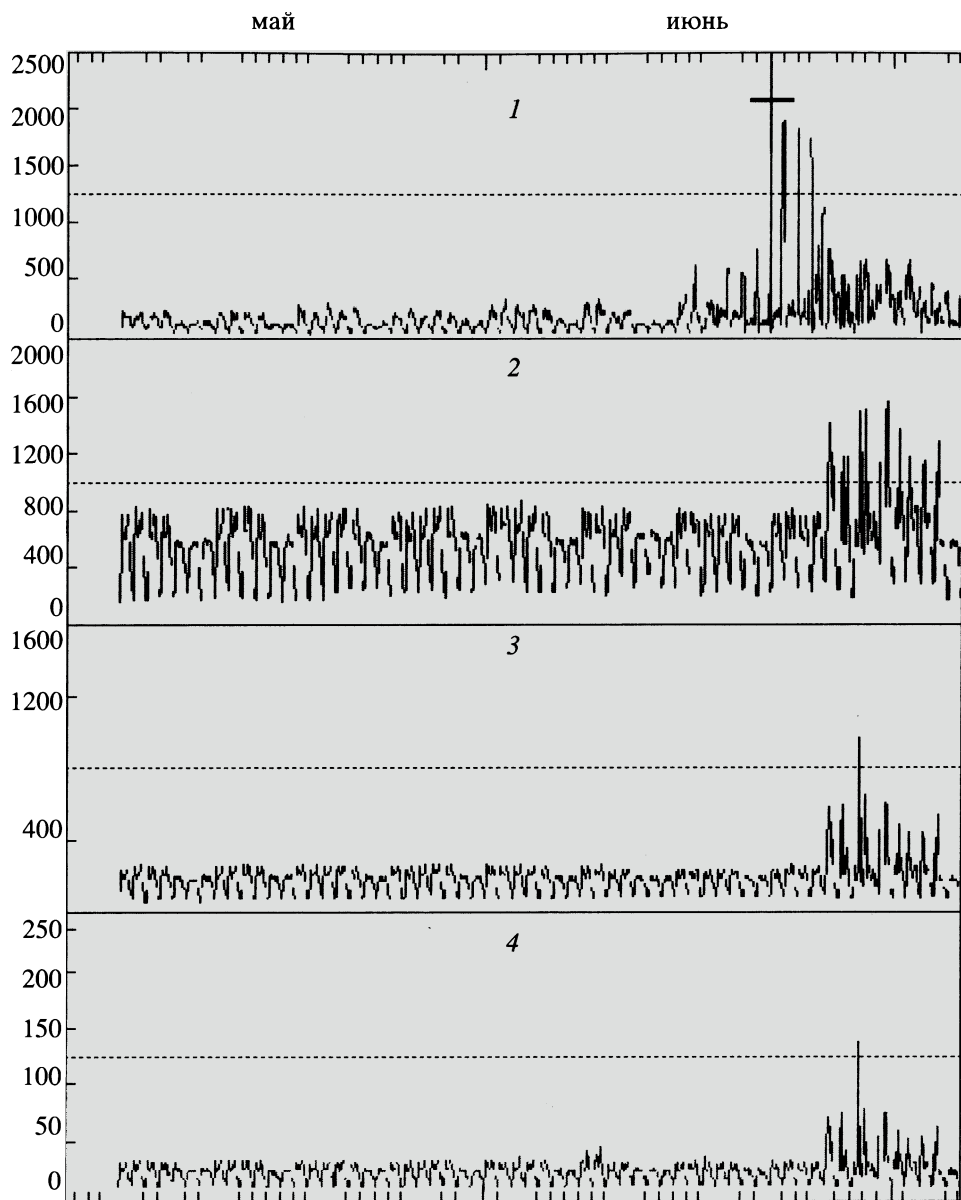
Разрушительные природные катастрофы — это следствие известных или неизвестных нам процессов в земной коре, когда уровень их активности значительно превышает фоновые значения. Один из главных деструктивных процессов в земной коре — механическое действие в геофизической

среде, характер и величина которого может быть определена векторами смещения, скорости и ускорения материальных точек. Во время мониторинга в центре Москвы исследовался наиболее чувствительный параметр подземного звука, характеризующий механику твердой среды. В продольной акустической волне возрастает скорость ускорения материальных точек. В начале 1998 г. на сейсмической станции “Москва” Геофизической службы РАН приступили к подробному мониторингу подземного звука в частотных полосах 30, 160, 580 и 1250 Гц. Он продолжался с небольшими перерывами до декабря. Геофон был установлен в подвале на 2,5 м ниже уровня ближайших к зданию улиц. Это место характеризуется концентрацией мощных технических источников регулярного подземного акустического шума: четыре линии метро и интенсивное движение наземного городского транспорта. В рабочее время часто происходят отдельные всплески во всех частотных каналах: фиксируются работа метрополитена и движение наземного транспорта. В каждом частотном канале по уровню звука можно четко различить рабочие и выходные дни, и не только по уровню шума, но и по характеру его вариаций в течение суток. В будни наблюдается регулярное нарастание шума в начале и конце рабочего дня, что, вероятнее всего, вызвано

движением наземного и подземного (метро) транспорта. Заметно прохождение каждого поезда метрополитена. Но однажды в вертикальной полосе 30 Гц возникли странные колебания большой интенсивности. Их максимум совпал с началом сильного урагана в Москве.

УРАГАН В МОСКВЕ В ИЮНЕ
1998 ГОДА

В ночь на 18 июня 1998 г., в 22 ч 18 мин по Гринвичу, сейсмостанция “Москва” зарегистрировала в полосе 30 Гц интенсивные сигналы, которые продолжались до 23 ч 48 мин. По своему уровню они в 10 раз превысили фоновые значения шума, что ранее не наблюдалось. На это можно было бы и не обратить внимания, но через сутки в 18 ч 46 мин похожие вибрации возникли снова и продолжались также до 23 ч 48 мин. Их амплитуда тоже в 10 раз превысила фоновый уровень. Такая ситуация повторилась и в ночь на 20 июня, а с 20 на 21 июня амплитуда аномальных вибраций превысила фоновое значение в 23 раза. В ночь на 22 июня амплитуда аномальных вибраций в 19 ч 32 мин увеличилась 10 раз, в 21 ч 52 мин — превысила естественное фоновое значение в 43 раза. Именно в это время начался ураган, который нанес городу значительный ущерб. В последующие несколько суток амплитуды аномальных вибраций постепенно уменьшались. В ночь на 26 июня их уровень пре-



Фрагмент записи подземного звука на сейсмографе в центре г. Москвы во время урагана. Вертикальные шкалы в условных единицах. Графики – в частотных полосах 30 (1), 160 (2), 500 (3) и 1000 (4) Гц. Крестиком отмечен момент начала урагана.

высил естественный фон уже только в 17 раз. Далее средний уровень амплитуд этих вибраций превышал фоновое значение примерно в 5 раз до

13 июля, после чего аномальные вибрации прекратились и больше не возникали. Шумовой фон, заметно увеличившийся во всех акустических поло-

сах с 26 июня по 5 июля, имеет суточные максимумы в дневное время и связан с работами по ликвидации последствий урагана. В сейсмических записях из-

менения суточного ритма поверхностного шума практически не заметны.

Наблюдавшимся до урагана вибрациям земной поверхности во время урагана и спустя некоторое время после его окончания трудно найти объяснение. Они происходили в строго определенное время: с 19 ч до 24 ч по Гринвичу (или с 22 ч до 03 ч по местному времени), с крутыми фронтами нарастания и спада. Появились они за четыре дня до начала урагана, достигли максимума в момент его начала и продолжались в течение пяти суток после окончания урагана, затем постепенно уменьшались, а фоновый уровень суточных колебаний восстановился через 22 дня. Значимые аномальные вибрации зарегистрированы исключительно в полосе 30 Гц вертикальной компоненты. В максимуме вибрации имели очень большие амплитуды (до 220 нм при фоновом значении около 5 нм). Если наблюдаемые вибрации естественного происхождения, то обнаруженное явление весьма интересно и перспективно для изучения. Обнаруженные вибрации появились на границе контакта земной поверхности с атмосферой и, в случае их естественного происхождения, могли бы стать надежным инструментом изучения природы разрушительных ураганов. Для того чтобы проверить эту возможность, необходимо установить систему мониторинга подземного звука

с помощью магнитоупругого геофона там, где разрушительные ураганы происходят часто.

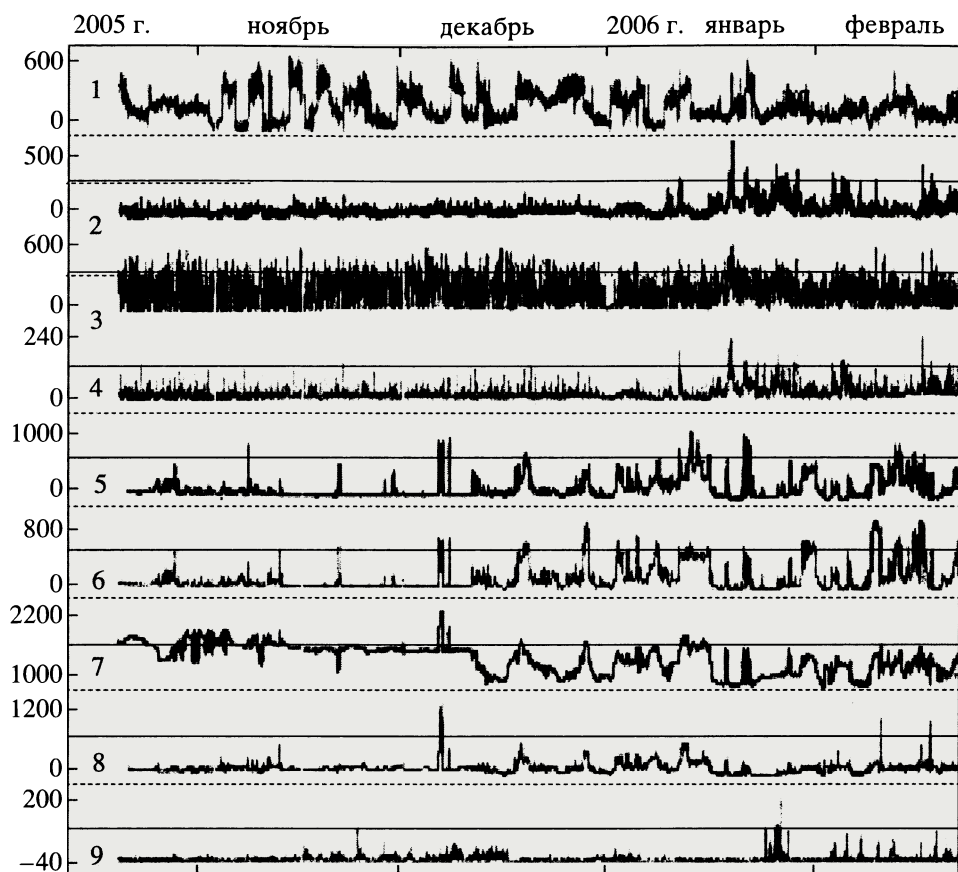
ШУМ В МОСКВЕ
ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ
В АТЛАНТИКЕ

В ночь на 17 февраля 1998 г. во время паузы между движением поездов метрополитена с 23 ч 00 мин до 02 ч 30 мин по Гринвичу на сейсмической станции "Москва" был зарегистрирован всплеск акустического шума. Этот всплеск совпал с проходом через станцию сейсмических волн от сильного землетрясения ($M = 7.8$) в северо-восточной части Атлантического океана. Сейсмические волны от сильных землетрясений – естественные возбудители подземного звука – наблюдались в эпицентральных и близких к ним зонах, но не было данных о том, что сейсмические волны могут сопровождаться излучением в звуковом диапазоне частот и на огромных расстояниях от эпицентра. Инструментальное подтверждение такого излучения получено благодаря непрерывности мониторинга подземного звука. Землетрясение произошло 16 февраля 1998 г. в 23 ч 53 мин 20.8 с на глубине 18 км (52.69° с.ш. и 33.6° з.д.). Сейсмические волны вызвали колебания на сейсмостанции "Москва". Они начались 17 февраля в 00 ч 01 мин и продолжались более 30 мин. Амплитуды вертикальных сейсмиче-

ских колебаний с периодом до 20 с достигали 40 мкм при максимальном ускорении $3.8 \cdot 10^{-6}$ м/с². Горизонтальные ускорения по направлениям север–юг и запад–восток почти достигли $3 \cdot 10^{-6}$ м/с². Сейсмические колебания вызвали увеличение ускорений вертикальных высокочастотных колебаний, они превысили величину ускорения в инициирующей волне. Во всех частотных полосах регистрации подземного звука наблюдалось его запаздывание от инициирующих сейсмических волн. Наибольшим было запаздывание на 30 мин – в полосе 30 Гц, а минимальным (10 мин) – в полосе 1250 Гц. Это единственное событие, которое удалось зарегистрировать за год непрерывного мониторинга, не позволяет оценить параметры процесса возбуждения подземного звука сейсмической волной, но является хорошей предпосылкой постановки простейшего эксперимента. Он может дать ответы на многие актуальные вопросы, связанные с оценкой нелинейного процесса трансформации сейсмических волн.

КОЛЬСКАЯ СВЕРХГЛУБОКАЯ
СКВАЖИНА

Выяснение природы и изучение характера вариаций естественного подземного звука начато в Кольской сверхглубокой скважине в октябре 2005 г. Продолжительный сейсмоакустический мониторинг



Фрагмент сейсмограммы мониторинга акустического шума в Кольской сверхглубокой скважине. Вертикальные шкалы в условных единицах. Результаты регистрации в частотных полосах: 30 (1), 160 (2), 500 (3) и 1000 (4) Гц на глубине 3050 м; то же – на поверхности 30 (5), 160 (6), 500 (7) и 1000 (8) Гц; 9 – сейсмическая полоса 1–20 Гц на глубине 3050 м.

сверхглубокого зондирования закончен в феврале 2006 г. Основные выводы, которые были сделаны по его результатам, весьма противоречивы. После наблюдения на глубине 3050 м стало очевидно, что уровень акустических шумов промышленного происхождения в этой скважине настолько велик и регулярен, что практически маскирует весь фоновый подземный звук. За период наблюде-

ний естественный подземный звук наблюдался только в течение четырех часов в новогоднюю ночь. Вместо него на расстоянии более 6 км от возможного источника постоянно наблюдался широкий спектр поверхностных антропогенных и промышленных шумов. Было установлено также, что возможно регистрировать удаленные взрывы в глубокой скважине даже на фоне больших промышленных шу-

мов. Это хорошая предпосылка для создания надежных систем экологического контроля нового поколения. Очень печально, что наши исследования в Кольской сверхглубокой скважине были последними. В 2008 г. скважина ликвидирована.

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ О ПОДЗЕМНОМ ЗВУКЕ

Многолетние исследования подземного звука

показали, что высокочастотные геоакустические измерения с помощью геофона весьма эффективны при изучении процесса подготовки землетрясений. Новый прибор обеспечивает надежность измерения смещений в твердой среде в диапазоне частот от 20 до 1000 Гц с амплитудами менее 10^{-14} м, на фоне постоянных колебаний с частотами менее одного герца, амплитуды которых больше 10^{-6} . Он позволяет также автоматически определять направление на их источник. Это, в свою очередь, открывает перспективу для оценки анизотропии напряженного состояния горных пород *in situ*.

Выбор системы регистрации во многом зависит от цели измерения. Многолетний широкополосный мониторинг вариаций подземного звука можно использовать для изучения влияния гравитации на напряженное состояние горных пород. При этом применяют систему аналогового выделения нескольких узких частотных полос и цифровую регистрацию средней за определенный период амплитуды сигнала в каждой полосе. Такая регистрация не позволяет контролировать анизотропию напряженного состояния, в то же время это простая, надежная и экономически выгодная система многолетнего контроля.

В целом метод и техника построения систем контроля сейсмической опасности с использованием новых геофонов достаточно просты. На террито-

рии площадью 10 тыс. км², где существует повышенный сейсмический риск, эта система может состоять из одной или трех глубоких (1000 м и более) скважин, в которых устанавливаются трехкомпонентные геофоны. Каждый геофон соединяется с центром контроля современными цифровыми каналами связи, обеспечивающими передачу сигналов в полосах от 16 до 2000 Гц. В пункте контроля на основе мультимедийных персональных компьютеров создается локальная сеть обработки звуковых образов. Они могут быть легко воспроизведены, визуализированы, зарегистрированы на цифровом носителе и переданы в другие сети.

КОНТРОЛЬ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Критерии сейсмической опасности могут быть определены на основе рабочей гипотезы, которая частично проверена многолетними наблюдениями вариаций подземного звука в различных районах Земли. Основа этой простой гипотезы состоит в том, что, во-первых, при всяком действии в твердой земной коре возникает трение, которое сопровождается тепловым и акустическим излучениями; во-вторых, начало механического действия в той или иной степени растянуто во времени. И всегда есть некоторый период, когда при изменении параметров действия возникает акустический шум.

Землетрясению, кроме того, неизбежно должно предшествовать длительное накопление механических напряжений в очень больших объемах твердой среды земной коры.

Первым критерием для прогноза землетрясений, статистически проверенным на Камчатке сотрудниками Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, стало исчезновение ярко выраженного суточного хода амплитуды подземного звука, которое наблюдалось в глубокой скважине в отдельных частотных полосах. Появление этого признака устойчиво сохраняется в течение дней и недель. Модели прогностических критериев второго и третьего этапов прогноза землетрясения еще не достаточно проверены статистически. Такую проверку можно легко осуществить на хорошо оборудованном сейсмическом полигоне (например, на полигоне в Паркфилде, Калифорния), где моментально регистрируются множество близких землетрясений разной силы и есть все условия для установки геофонов в глубоких скважинах и штольне.

Основа второго критерия – существенное увеличение перед землетрясением амплитуд подземного звука в большинстве частотных полос. Данные об этом получены нами в Японии в 1998 г. Там при наблюдениях в штольне на глубине 100 м обнаружилось, что примерно за 12 ч до землетрясений с расстояниями от эпицентра 20–100 км, в месте

контроля устойчиво повышались амплитуды подземного звука. Это замечено для 5 из 11 землетрясений, которые произошли на разной глубине в радиусе до 150 км от точки наблюдения. Вторым критерий хорошо виден на экране монитора во временном окне около трех суток при его ежеминутном обновлении.

На третьем, заключительном, этапе происходит лавинное нарастание акустической эмиссии преимущественно на высоких частотах непосредственно перед землетрясением. Продолжительные подземные наблюдения на глубине 1336 м в толще грязной соли Припятского прогиба показали, что нарастание эмиссии начинается за минуты или несколько десятков минут перед землетрясением. Заключительный этап можно наблюдать на экране мониторинга в "часовом окне" с обновлением данных через каждую секунду. Кроме того, подземный звук должен прослушиваться специалистами-геоакустиком (по аналогии с гидроакустиком, которые прослушивают подводное пространство с кораблей и подводных лодок), что дает дополнительную очень ценную информацию о начале зем-

летрясения. Система трехуровневого наблюдения сейсмической активности и аудиоконтроля подземного звука в целях прогноза землетрясений в реальном времени перспективна и может быть создана на основе персонального компьютера с профессиональной звуковой платой.

Таковыми системами желательно оборудовать как сейсмоопасные территории, так и окрестности действующих вулканов, представляющих реальную угрозу для близко расположенных населенных пунктов. Передача сигналов геофонов, размещенных вблизи вулкана, в локальную компьютерную сеть или Интернет – надежный независимый источник информации об активности вулкана. При контроле вулканической активности не нужны дорогостоящие глубокие скважины и трехкомпонентные приборы. Достаточно установить несколько простых и дешевых однокомпонентных геофонов на глубине до 30 м в коренной породе у подножия вулкана и передавать сигналы подземного звука в местную локальную сеть.

М.С. де Росси, впервые понявший возможность

использования подземного звука для прогноза землетрясений и извержений вулканов, не смог довести свой оригинальный прибор, который называл "микрофоно-сейсмо", до широкого использования. Это понятно, так как в конце XIX в. о необходимой технике для регистрации и обработки звука можно было только мечтать.

В конце XX в. на создание оригинального прибора для регистрации подземного звука автор статьи затратил много усилий, но это было оправдано тем, что в то время на территории СССР десятая часть граждан проживала в сейсмически опасных районах. Для сравнения: в Японии более половины граждан живет в сейсмически опасных районах, в Китае – одна треть, а в Соединенных Штатах Америки – одна седьмая, на территории современной России в зоне реальной опасности проживает менее одной сотой части граждан. Тем не менее мы продолжаем фундаментальное изучение подземного звука, который несет первичную, независимую и надежную информацию непосредственно о движениях в верхней части земной коры.

Восемнадцатая основная экспедиция на МКС

12 октября 2008 г. в 11 ч 01 мин 33 с (здесь и далее московское время) с космодрома Байконур осуществлен запуск транспортного пилотируемого корабля "Союз ТМА-13" на ракете-носителе "Союз-ФГ". На борту корабля – члены экипажа 18-й основной экспедиции на Международную космическую станцию (МКС-18) – американский астронавт М. Финк и российский космонавт Ю.В. Лончаков, а также шестой космический турист гражданин США Р. Гэрриотт, совершивший полет по программе 15-й экспедиции посещения (ЭП-15). Ю.В. Лончаков дважды побывал на МКС, М. Финк – один раз, Р. Гэрриотт впервые полетел в космос. Членам экипажа МКС-18 М. Финку (командир экспедиции) и Ю.В. Лончакову (бортинженер) предстоит работать на станции 175 сут, до прибытия на КК "Союз ТМА-14" экипажа МКС-19 в апреле 2009 г. Третий член экипажа будет меняться в течение всей экспедиции.

Юрий Валентинович Лончаков (94-й космонавт РФ, 405-й астронавт мира) родился 4 марта 1965 г. в г. Балхаш (Республика Казахстан). В 1986 г. окончил Оренбургское высшее военное авиационное училище летчиков им. И.С. Полбина с золотой медалью (в 1998 г. – Военно-воздушную инженерную академию им. Н.Е. Жуковского), получил квалификацию "Летчик-инженер-исследователь". В 1986–1995 гг. служил в частях морской авиации Балтийского флота, а впоследствии в частях ПВО, военный летчик 1-го класса, полковник. С 1998 г. в отряде космонав-



Экипаж КК "Союз ТМА-13": М. Финк, Ю.В. Лончаков и Р. Гэрриотт перед стартом. Космодром Байконур. Фото РКК "Энергия" им. С.П. Королёва.

тов, командир отряда космонавтов ЦПК. Герой России, награжден медалью NASA "За космический полет".

Майкл Финк (Michael E. Finke; 275-й астронавт США, 435-й астронавт мира) родился 14 марта 1967 г. в г. Питсбурге (штат Пенсильвания). В 1985 г. окончил академию в г. Сиуикли, в 1989 г. как стипендиат ВВС США завершил курс обучения в Массачусетском технологическом институте и получил степень бакалавра в области аэронавтики и астронавтики, а в 1990 г. – степень магистра наук в Стэнфордском университете и в 2001 г. в Университете Хьюстона – степень магистра в области физических наук (планетарная геология). В 1990–1994 гг. служил в Центре космических и ракетных систем ВВС (авиабаза в Лос-Анджелесе, штат Калифорния), после окончания в 1994 г. школы летчиков-испытателей ВВС США (авиабаза "Эдвардс", штат Калифорния) участвовал в ряде испытательных программ, полковник, награжден медалями ВВС США. С 1996 г. в отряде астронавтов NASA.

Ричард Гэрриотт (Richard A. Garriott; 309-й астронавт США, 486-й астронавт мира), сын аме-

риканского астронавта О. Гэрриотта, родился 4 июля 1961 года в г. Кембридже (Великобритания). Во время учебы в школе увлекся компьютерами и начал самостоятельно изучать программирование. После окончания Университета штата Техас в г. Остин в 1983 г. создал ряд компаний, разрабатывающих компьютерные игры. Участвовал в нескольких экспедициях: двух антарктических по поиску метеоритов, в район Бермудского треугольника и по отслеживанию миграций горных горилл в Руанде; плавал на каноэ вниз по Амазонке, погружался на подводной лодке к "Титанику". Р. Гэрриотт – вице-президент компании космического туризма Space Adventures, член Академии интерактивных искусств, награжден рядом премий, в том числе международной – Предприниматель года (1992).

14 октября в 12 ч 26 мин 14 с КК "Союз ТМА-13" состыковался с модулем "Заря" МКС. Параметры орбиты станции на момент осуществления стыковки: высота – 341.2×358.4 км, наклонение – 51.2° , период обращения вокруг Земли – 91.5 мин. Во время работы экипажей МКС-17 и -18 российский сег-

мент МКС включал: функционально-грузовой блок “Заря”, служебный модуль “Звезда”, стыковочный отсек-модуль “Пирс”, пилотируемые корабли “Союз ТМА-12 и -13”, грузовой корабль “Прогресс М-65”. В течение почти 10 сут экипаж МКС-17 (космонавты С.А. Волков, О.Д. Кононенко и американский астронавт Г. Шамитов; Земля и Вселенная, 2008, № 4) работал на станции совместно с экипажем МКС-18. В программе ЭП-15 девять экспериментов: медицинские, биотехнологический, технический и образовательный. Р. Гэрриот выполнил три медицинских эксперимента по американскому проекту “GTA” (Generation II Astronaut – второе поколение астронавтов) и пять в интересах ESA, а также попытался нарисовать картину красками (образовательный эксперимент). Программой МКС-18

предусмотрены выход в открытый космос по российской программе и семь по американской программе во время стыковок с двумя кораблями “Спейс Шаттл”, прием трех грузовых кораблей “Прогресс М-66, М-01М и М-02М”. Экипажу 18-й основной экспедиции предстоит провести на орбите 46 научных экспериментов по восьми направлениям: космическая технология, биология, материаловедение и биотехнология, медико-биологические и геофизические исследования, изучение природных ресурсов Земли, экологический мониторинг.

Космический корабль “Союз ТМА-12” отстыковался от МКС **24 октября** в 4 ч 16 мин 18 с. Спускаемый аппарат корабля с С.А. Волковым, О.Д. Кононенко (Россия) и Р. Гэрриотом (США) совершил посадку в тот же день в 7 ч 37 мин 10 с в Казах-

стане. Длительность полета экипажа МКС-17 (С.А. Волков и О.Д. Кононенко) – 198 сут 16 ч 20 мин, участника полета ЭП-15 Р. Гэрриотта – 11 сут 20 ч 35 мин 37 с.

Экипаж МКС-18 – М. Финк, Ю.В. Лончаков и Г. Шамитов – продолжил полет на борту станции. Г. Шамитова, работавшего на станции с 3 июня 2008 г. (прилетел на корабле “Дискавери”, STS-124; Земля и Вселенная, 2008, № 5), сменила С. Магнус (США), которая прилетела 16 ноября 2008 г. на КК “Индевор” (STS-126; см. заметку в этом номере). В феврале 2009 г. ее сменил К. Ваката (Япония), который прилетел на КК “Дискавери” (STS-119).

*Пресс-релизы Роскосмоса,
NASA и ЦУП-М,
октябрь – ноябрь 2008 г.
Подготовил С.А. Герасютин*

Информация

Сверхмощный суперкомпьютер Гидрометцентра

17 декабря 2008 г. в Гидрометцентре Российской Федерации завершена установка сверхмощного суперкомпьютера, использование которого значительно повысит точность и заблаговременность прогнозов погоды. Суперкомпьютер создан американской компанией Silicon Graphics. Его стоимость – 25 млн. долларов.

На специальной пресс-конференции руководитель Службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды А.И. Бедрицкий и директор Гидрометеорологического научно-исследовательского центра (ГМЦ РФ) Р.М. Вильфанд рассказали об основных параметрах нового компьютера, поступившего на вооружение российских метеорологов. Новый суперкомпьютер позволит давать прогнозы для мест, расположенных близко друг к другу (3–5 км), то есть станут возможными прогнозы для отдельных районов в пределах такого мегаполиса, как Москва.

Производительность суперкомпьютера – 27 терафлопсов

(триллион операций в секунду). Это в 10 тыс. раз выше, чем у компьютера, действующего в настоящее время в Гидрометцентре. Но среди самых мощных вычислительных машин России ему принадлежит лишь шестое место и 450-е – в мире. Более производительные машины установлены в суперкомпьютерном центре РАН (более 75 терафлопсов), в МГУ им. М.В. Ломоносова, в Курчатовском институте. Наиболее же мощный в мире суперкомпьютер находится в Лос-Аламосской национальной лаборатории (США). Его пиковая производительность – 1.46 тыс. терафлопсов в секунду.

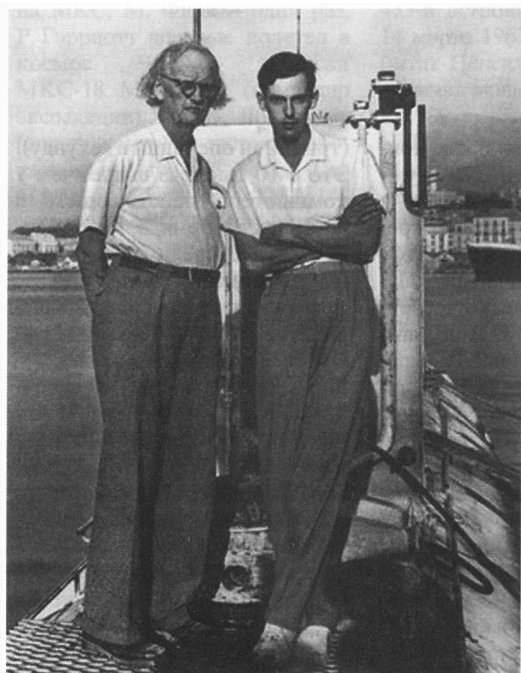
Памяти Жака Пикара

2 ноября 2008 г. в Швейцарии в своем доме на берегу Женевского озера в возрасте 86 лет скончался Жак Пикар – первооткрыватель “гидрокосмоса” Земли, известный исследователь морских глубин. Он родился в Брюсселе в 1922 г., учился на факультете естественных наук Женевского университета и в женевской Высшей школе международных исследований. С 1950 г. его жизнь была полностью посвящена океанологии и проблемам экологической защиты морской среды. Ж. Пикар продолжал дело своего от-

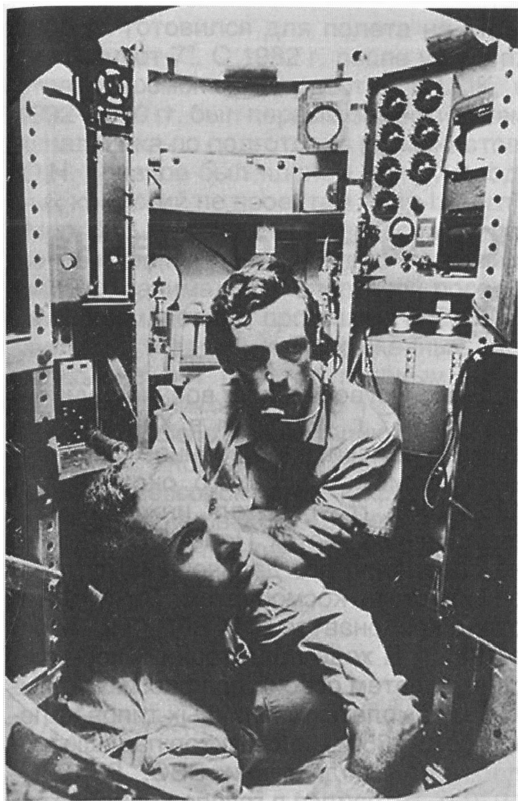
ца, известного океанолога и инженера Огюста Пикара (1884–1962), совершившего в 30-х гг. XX в. полеты на стратостатах собственной конструкции. Затем О. Пикар увлекся морскими глубинами и изобрел первый глубоководный батискаф, в котором в 1943 г. и 1953 г. погружался в Тирренском море на глубину до 3160 м. Рекорд же погружения установил его сын Жак. Но прежде он хорошо изучил батискаф “Триест” (стальной шар, наполненный бензином, с подвесной кабиной, в которой были запас воздушной смеси для дыхания, балласт и гайдроп). Он пилотировал 45 погружений “Триеста”.

23 января 1960 г. на батискафе “Триест” Пикар вместе с американцем Доном Уолшем опустился на дно глубочайшей Марианской впадины – 10 961 м ниже поверхности океана. Во время этого беспримерного погружения обнаружены живые организмы. Там, на дне, где давление составляло 1156 атм, исследователи неожиданно встретили рыбу, внешне похожую на ската, длиной 30 см и толщиной 15 см. “Таким образом, – писал Ж. Пикар, – стало ясно, что даже самые неблагоприятные обстоятельства – давление, холод и тьма, вместе взятые, – не в силах преградить путь жизни”. Одним из последствий этого открытия глубоководной жизни стало введение международного запрета на захоронение ядерных отходов на дне океанов Земли.

Почти пять часов продолжался спуск в океанскую бездну. “Дно – светлое и чистое, напоминает пустыню цвета слоновой кости”, – свидетельствовал Жак Пикар, самый глубоководный путешественник Земли. “В тайны моря, – сказал он, – проникнуть не легче, чем в тайны космоса...”



Жак Пикар с отцом, воздухоплавателем и океанологом Огюстом Пикаром, на батискафе “Триест”, готовом к погружению на дно Тихого океана.



Жак Пикар и американец Дон Уолш в кабине батискафа "Триест" перед погружением на дно Марианской впадины. 1960 г.

В 1974 г. в Москве вышел в свет перевод на русский язык книги Ж. Пикара "Глубина 11 тысяч метров". Он писал: "Мы живем на суше, поэтому своей планете мы дали имя Земля. На самом деле ее следовало бы назвать Море. Даже если срезать все горы и континенты и попытаться заполнить ими океан, то он все равно сохранит среднюю глубину 2500 м".



Жак Пикар в люке батискафа "Триест". 1980-е гг.

Уйдя из жизни, О. Пикар оставил сыну идею мезоскафа (обитаемого аппарата для работы на средних глубинах). Ж. Пикар построил мезоскаф и проплыл в нем по течению Гольфстрим. В последние годы жизни Ж. Пикар самостоятельно конструировал подводные лодки для погружений на средние глубины и до 82 лет продолжал подводные исследования.

Страсть к путешествиям и исследованиям — наследственная черта семьи Пикар. Она передалась и сыну Жака, внуку О. Пикара, Бернару. Он первым совершил беспосадочное кругосветное путешествие на воздушном шаре, а сейчас готовится облететь нашу планету на самолете с двигателем, работающим от солнечных батарей. "Отец передал мне чувство любознательности... приучил не следовать слепо устоявшимся мнениям и общепринятым теориям... быть свободным от стереотипов и не бояться неведомого", — говорит Бернар.

Памяти Юрия Николаевича Глазкова

8 декабря 2008 г. на 70-м году жизни скончался Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, генерал-майор авиации, доктор технических наук профессор **Юрий Николаевич Глазков** (39-й космонавт СССР, 82-й астронавт мира). Он был членом редколлегии журнала "Земля и Вселенная" в 1978–2001 гг.

Ю.Н. Глазков родился 2 октября 1939 г. в Москве. В школе любил точные науки. Хотел пойти по стопам отца, стать военным. В 1954–1955 гг. учился во 2-м Московском артиллерийском подготовительном училище, а затем – в Ставро-

польском суворовском военном училище. В 1957 г. поступил в Харьковское высшее авиационное военное инженерное училище. После его окончания в 1962–1965 гг. работал инженером в авиационных частях. Полет Ю.А. Гагарина определил его дальнейший путь, он решил стать космонавтом. Зачислен в отряд космонавтов ЦПК ВВС (3-й набор) в 1965 г. В ходе подготовки к космическим полетам освоил профессию летчика, на самолетах различных типов налетал более 350 ч, инструктор парашютно-десантной подготовки ВВС. В 1968–1970 гг. готовился в группе космонавтов по специальной программе "Союз-ВИ", затем по программе "Алмаз". Без отрыва от тренировок в ЦПК в 1974 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему "Работа космонавта в безопорном пространстве". В 1973–1978 гг. проходил подготовку в составе экипажей КК "Союз-21 и -23", по программам полета на военной станции "Алмаз".

7–25 февраля 1977 г. Ю.Н. Глазков участвовал в экспедиции на ОС "Салют-5", куда летал на КК "Союз-24" в качестве бортинженера (командир – В.В. Горбатко). Стыковка корабля со станцией оказалась сложной, но космонавты с ней успешно справились, работая на станции, они выполнили довольно насыщенную программу. Экипаж фотографировал и визуально наблюдал различные наземные объекты, обрабатывал фотопленку и в капсуле отправлял ее на Землю.

После полета Юрий Николаевич продолжил подготовку по программе "Алмаз" в составе группы космонавтов. В 1978–1982 гг. он был заместителем командира отряда космонавтов, в 1983–



Ю.Н. Глазков (1939–2008).

1985 г. готовился для полета на станции “Салют-7”. С 1982 г. после ухода из отряда космонавтов работал в ЦПК, в 1992–2000 гг. был первым заместителем начальника по подготовке космонавтов. Ю.Н. Глазков был членом международных комиссий по проектам “Мир-Шаттл”, “Мир-NASA” и МКС, по безопасности полетов и ряда межведомственных комиссий РФ, занимался экспертизой российских космических программ. В 2000 г. уволился в запас из Вооруженных сил, несколько лет работал главным научным сотрудником ЦПК. В 1991 г. защитил докторскую диссертацию. Юрий Николаевич много преподавал, с 1994 г. был профессором двух кафедр МАТИ им. К.Э. Циолковского. Его избрали действительным членом нескольких общественных академий.

Ю.Н. Глазков – автор 76 научных работ, двух монографий, пяти изобретений. Он написал несколько научных и научно-художественных книг (например, “Проблемы безопасности экипажей и задачи управления в космическом полете”, 1973; “На орбите космический корабль”, 1980; “Корабль на орбите”, 1984; “Земля над нами”, 1986, 1992). Юрий Николаевич – лауреат Государственных премий 1987 г. и 1999 г. Награжден Золотой медалью АН СССР им. К.Э. Циолковского, другими орденами и медалями, в том числе иностранными (МНР, ГДР, НРБ и Кубы). Почетный гражданин нескольких городов России и Польши.

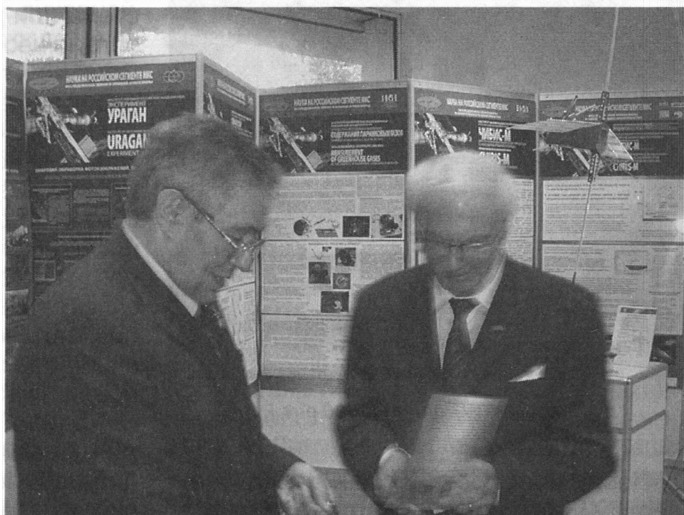
Память о Юрии Николаевиче Глазкове надолго сохранится в сердцах его друзей и коллег.

Информация

Новая выставка в ИКИ РАН

В октябре 2008 г. в Институте космических исследований РАН прошла выставка “Российско-польские фундаментальные космические исследования”, проводившаяся в рамках “Дней польской науки в России”, приуроченных к 50-летию первого соглашения о сотрудничестве между Российской и Польской академиями наук.

Выставку торжественно открыли директор ИКИ РАН академик Л.М. Зелёный и посол Республики Польша в Российской Федерации Е. Бар. Фото С.А. Герасютина.



Академик Л.М. Зелёный и посол Республики Польша в Российской Федерации Е. Бар. Фото С.А. Герасютина.

ма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН и других институтов, проводящих совместные российско-польские космические исследования.

На выставке были представлены результаты и перспективные проекты совместных российско-польских космических экспериментов в области плазменной физики, солнечно-земных связей и планетных исследований.

Пьер Симон Лаплас



Пьер Симон Лаплас (1810-е гг.).

Последняя треть XVIII – первая четверть XIX в. в истории астрономии – время утверждения гравитационной астрономической картины мира, фундаментом для которой стала теория всемирного тяготения. Завершение ее создания И. Ньютоном (1687) положило начало развитию новой науки – *небесной механики* (точнее, небесной динамики). Но уже ее творец столкнулся с отклонениями движений планет и спутников от чисто кеплеровского и объяснил причину таких “неравенств”: взаимное тяготение не двух, а множества тел и их не полная сферичность (сжатие от вращения). Он

же и высказал мысль, что планетная система может в результате оказаться неустойчивой. Перед астрономами встала сложнейшая проблема – построить на основе теории тяготения теорию такого, *возмущенного*, движения тел в Солнечной системе и в итоге ответить на главный вопрос: устойчива ли Солнечная система или для ее поддержания действительно необходимо вмешательство “руки Бога”, как полагали И. Ньютон, Г.В. Лейбниц в XVII в. и даже в XVIII в. – Л. Эйлер.

Плеяда блестящих математиков и механиков континентальной Европы взялась за развитие результатов и методов Ньютона, решала завещанные им задачи. Младший из них, П.С. Лаплас (которого, как говорят, называли даже “французским Ньютоном”), завершил построение величественного здания классической небесной механики, дав и само имя новой науке.

Родина Лапласа – Нижняя Нормандия, провинция на северо-западе Франции недалеко от побережья Атлантического океана с его суровыми бурями и мощными приливами. Здесь, в местечке Бомон-ан-Ож (на берегу небольшой речки Ож), располагавшемся в долине с почти испанским именем Кальвадос (хотя на местном населении исторически отразилось скорее скандинавское влияние) 23 марта (упоминаемая иногда дата – 28 марта – ошибочна) 1749 г. в семье фермера появился на свет Пьер Лаплас. Несмотря на всемирную славу великого ученого, о его ранних годах мало что известно: маркиз Пьер Симон де Лаплас постарался вытравить из своей памяти

(порвав навсегда связь с родными) и не афишировать свое, как он считал, унижавшее его “плебейское” происхождение. Кстати говоря, влияние скандинавских пращуров, видимо, сказалось на внешности Пьера Лапласа. Как писал автор прекрасной книги о нем¹, Пьер Лаплас имел атлетическое сложение, продолговатое лицо, был светловолос и голубоглаз.

В родных местах единственным путем к образованию для Лапласа был коллеж (школа), хотя и светского содержания, но действовавший под управлением монахов-бенедиктинцев, куда благодаря покровительству состоятельных людей и был отдан Лаплас. Он легко овладевал языками, обнаружил незаурядный литературный и ораторский таланты, выделяясь в спорах на богословские темы. Некоторое время он учился и преподавал математику в местной военной школе. Продолжив учебу в Университете г. Кана, Лаплас готовился к духовной карьере священника. Но уже тогда у него проявились и совсем иные задатки – незаурядные способности к математике (в эти годы он начал и самостоятельные исследования). Заметив их, один из преподавателей резко изменил его судьбу: он отправил 17-летнего Лапласа в Париж с рекомендацией к прославленному математику и механику Д'Аламберу, одному из авторов знаменитой “Энциклопедии наук и искусств”, ставшей символом французского XVIII века как века Просвещения. С духовной стезей было покончено. Лаплас стал атеистом, единственным “богом” для которого были отныне всеисильная небесная механика и ее главная опора – закон всемирного тяготения.

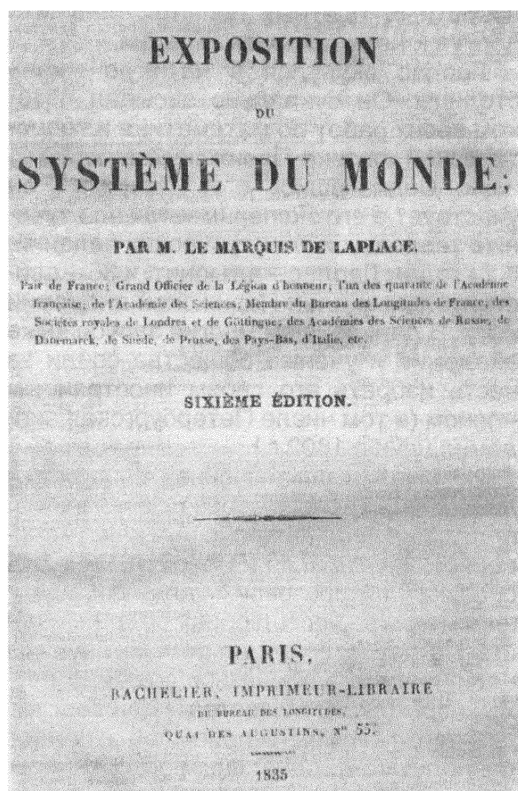
Продвижение Лапласа на научном поприще было стремительным. Добившись покровительства Д'Аламбера, в 20 лет Лаплас стал преподавателем в Парижской военной школе. Причем помогла Лапласу завоевать доверие мэтра не рекомендация, а собственная работа по механике и высшей математике, которую он представил ученому после неод-

нократных тщетных попыток получить доступ к нему по рекомендации.

Лаплас окунулся в научную жизнь столицы. Он буквально засыпал потоком своих работ по математике и теоретической физике Парижскую академию наук. Сблизившись с А. Лавуазье, он участвует в его экспериментах по изучению тепловых и электрических явлений. К 24 годам Лаплас – адъюнкт, к 36 – действительный член Парижской академии наук. В дальнейшем многие зарубежные академии и ученые общества сочли за честь избрать его своим иностранным членом (в том числе Петербургская академия наук в 1802 г.).

Но рядом с заслуженной славой выдающегося ученого через всю жизнь Лапласа шла иная “слава” о нем как о человеке. Вырвавшийся из народных низов, обладавший при своих талантах еще и непомерным честолюбием, Лаплас поставил перед собой не только научные цели, он решил подняться до самых верхов парижского общества. Все средства для него здесь были приемлемы: полное равнодушие к социальным потрясениям, политическая беспринципность, умение приспосабливаться ради достижения цели. Об этом ярко говорит его продвижение к “верхам” при любом строе. Республиканец в юности, он в годы революции активно участвовал в реформе образования и создании знаменитых впоследствии Нормальной и Политехнической школ (в первой он был профессором математики, и ему сдавал экзамен юный Наполеон); в установлении, вместе с А. Лавуазье, во Франции (впервые в Европе) единой десятичной системы мер и весов (1790–1793). В год кровавого террора, когда были казнены его друзья А. Лавуазье, астрономы Ж.С. Байи и Ж.Б.Г. Сарон де Бошар, он, удалившись из Парижа, пишет в 1793 г. свой знаменитый труд “Изложение системы мира” (опубликован в 1796 г.). Возвратившись в 1794 г. в Париж, Лаплас возглавляет (1795–1799) Палату мер и весов, завершая переход на десятичную систему, и становится одним из создателей (1795), а позднее президентом важнейшего аст-

¹ Б.А. Воронцов-Вельяминов. “Лаплас”, 2-е изд. М.: Наука, 1985.



Титульный лист сочинения П.С. Лапласа "Изложение системы мира".

рономо-геодезического центра страны – Бюро Долгот. В 1799 г. Лаплас присягает совершившему контрреволюционный переворот Наполеону и получает ненадолго пост министра внутренних дел, затем титул графа, высокий пост сенатора (позднее вице-президента и президента Сената), высшие ордена, становится богатым человеком. Наконец, после реставрации Бурбонов Лаплас получает звание пэра (члена высшей палаты в правительстве короля) и титул маркиза ("за политическое благоразумие"...).

Однако при ретроспективном взгляде на историю человечества невольно приходит мысль: кровавая судьба всех революций в обществе свидетельствует, быть может, скорее о... мудрости Лапласа: политика меняется, наука остается. Хотя нельзя осуждать тех и даже не преклоняться перед теми, кто отдавал

предпочтение подвигу участия в революционном (увы, иллюзорном!) обновлении общества и самого человека, поскольку платой за это участие нередко была их жизнь. Отметим, что в своем продвижении Лаплас никому не нанес какого-либо урона. Он оставался верен своим друзьям и, став министром Наполеона, немедленно запросил пенсию вдове казненного Ж.С. Байи.

В 39 лет Лаплас женится на представительнице высшего французского дворянства. Из двух его детей дочь рано умерла, а сын стал генералом артиллерии и уже потомственным дворянином.

Как уже было сказано, XVIII в. в истории астрономии – это, прежде всего, эпоха формирования классической аналитической небесной механики. Оставив в прошлом унаследованные от древних греков и дожившие до конца XVII в. геометрические методы моделирования небесных движений, новая наука переходила на язык дифференциальных и интегральных уравнений. Лучшие умы Франции, Германии, России приступили к построению теории возмущенного движения в системе из 18 известных тогда планет и спутников, уточняли фигуры небесных тел, начиная с Земли, развивали теорию прецессии, занимались важной для практики теорией приливов... Их успехи и открывшаяся перспективность ньютоновского пути исследования окружающего мира уже вскоре, к 40-м гг. XVIII в., положили конец еще существовавшему до той поры сильному влиянию в этих странах картезианства, впервые заменившего "руку Бога" в объяснении явлений законами механики и пленявшего в течение столетия умы эволюционным подходом к природе. Но всеохватное учение Декарта, великого родоначальника нового естественнонаучного мировоззрения, более натурфилософское, нежели физическое, оказалось бессильным в деле количественного изучения явлений. Сила ньютонова феноменологического подхода к познанию природы состояла не только в новом физико-математическом фундаменте ее изучения, но и в сознательном самоограничении задачей устанавливать точные количественные законы явле-

ний без преждевременных попыток проникнуть в их конечные причины (не “выдумывать” гипотез о природе тяготения), но зато применимые на практике. Уже сам И. Ньютон наметил путь исследования возмущенного движения многих тел Солнечной системы. Он показал возможность сведения сложнейших реальных задач к более простым (к чему призывал еще древнегреческий натурфилософ Платон). Задачу исследования взаимных возмущений двух десятков тел, почти непосильную для человеческого ума без современного нам компьютерного обеспечения, оказалось возможным (благодаря особенностям строения и параметров Солнечной системы) свести к задаче “всего” трех тел. Рассматривая ранее освоенную задачу взаимодействия двух тел планетной системы, влияние остальных можно, как показал Ньютон, заменить их суммарным эффектом – своего рода третьим телом. Но и такая задача требовала незаурядного ума. Решение ее в общем виде оказалось практически недостижимым. Небесная механика пошла по пути решения частных случаев и поиска сначала приближенных решений.

В созвездии имен выдающихся астрономов-механиков и астрономов-математиков Лаплас выделялся наиболее плодотворным сочетанием дарований и упорства. Он умел охватить проблему в целом и вместе с тем довести строгое общее математическое решение задачи до непосредственного практического приложения его к конкретным объектам. Его глубокая и тонкая физическая интуиция дополнялась блестящим математическим талантом, позволявшим избирать эффективный математический метод и переходить из области гипотез в область их строгой математической проверки. И еще одно выделяло Лапласа: он в первую очередь был астрономом. Новый математический аппарат, в разработке которого Лаплас принимал плодотворное участие, служил у него для решения конкретных астрономических проблем.

Главными “возмутителями спокойствия”, кеплерова порядка, в Солнечной системе являются наиболее массивные

планеты-гиганты – Юпитер и Сатурн. А наиболее заметные возмущения, возникающие под воздействием Солнца, Земли и планет, – неравенства в движении Луны из-за ее близости к наблюдателю. К началу деятельности Лапласа в астрономии остро стояли три главные проблемы – объяснение “большого неравенства” Юпитера и Сатурна, векового ускорения Луны и связанная с ними общая проблема устойчивости Солнечной системы. Почти столетние наблюдения (Ж.Д. Кассини, И. Хоррокс и др.) показывали, что движение Юпитера по орбите непрерывно ускоряется, а Сатурна (Э. Галлей), напротив, замедляется. Эти эффекты в совокупности получили название “большое неравенство” Юпитера и Сатурна, у Луны же было обнаружено монотонное (отсюда название “вековое”) ускорение. Орбиты при этом становились незамкнутыми и либо раскручивались, либо закручивались вокруг центрального тела, так что со временем такие тела должны были либо удалиться в космическое пространство, либо упасть на Солнце. Такая перспектива даже при астрономически громадных сроках наступления возможной катастрофы не могла оставить “землян” равнодушными... Но и “рука Бога” для науки века Просвещения уже была неприемлемым “средством” спасения человечества...

В 70-е гг. XVIII в. за решение этих фундаментальных проблем взялся 24-летний Лаплас. Он поставил перед собой весьма смелую задачу: выяснить, возможно ли объяснить все эти загадки на основе ньютоновой механики и гравитационной теории и таким образом упрочить саму теорию, в справедливости которой некоторые даже начинали сомневаться.

В результате более точного, тонкого и глубокого математического анализа наблюдательных данных Лаплас в работе 1773 г. “О принципе всемирного тяготения и о вековых неравенствах планет, которые от него зависят” показал, что изменения орбитальной скорости Юпитера и Сатурна имеют не вековой, а периодический характер, добавочное ускорение этих планет периодически меняет знак, так что вековые ускорения их средних движений оказываются по

расчетам равными нулю. Тогда же Лаплас пришел к еще более важному заключению: благодаря характерным особенностям устройства Солнечной системы взаимные возмущения планет в ней вообще не могут вызывать вековых изменений в их движениях, то есть не могут разрушить эту систему. Не поддавалось объяснению в рамках ньютоновой теории только вековое ускорение Луны. В 1784 г. Лаплас вернулся к этим проблемам и в работе, представленной Парижской академии наук 19 марта 1787 г., дал их полное решение. Он доказал, что большое неравенство Юпитера и Сатурна – результат их взаимных возмущений и имеет периодический характер с периодом 929.5 года. Теоретические заключения Лапласа в точности подтвердились при сравнении их с результатами как древних, так и современных ему наблюдений. В той же работе снималось и последнее известное к тому времени противоречие между ньютоновой теорией и наблюдениями – вековое ускорение Луны также оказалось долгопериодическим, меняющим знак и зависящим от эксцентриситета земной орбиты, который в свою очередь, как установил Лаплас, изменяется под воздействием тяготения других планет. Убедительной проверкой и подтверждением лапласовой теории движения Луны стало то, что на ее основе он впервые вычислил величину сжатия Земли у полюсов и значение астрономической единицы. Результаты Лапласа с большой точностью совпали с результатами измерений, проведенных в те же годы во время длительных и дорогостоящих специальных экспедиций. В работе 1787 г. Лаплас более полно обосновал свой вывод об устойчивости Солнечной системы с точки зрения законов механики. Рассматривая нашу планетную систему как систему тел, взаимодействующих по закону всемирного тяготения, он показал, что все основные величины в ней – большие полуоси, эксцентриситеты, наклонения орбит к эклиптике – должны либо оставаться неизменными, либо изменяться периодически и в узких пределах.

Выводы Лапласа – к тому времени уже широко известного математика и

небесного механика, академика – об устойчивости Солнечной системы произвели сильнейшее впечатление на его современников. Правда, при пересмотре проблемы уже в XX в. (А. Пуанкаре и др.) выяснилось, что эта задача, как и само понятие устойчивости, намного сложнее (из-за необходимости учета разнообразных физических факторов). Но заслуга Лапласа не утратила своего значения. Он учел главные, решающие в данном случае механические факторы и доказал устойчивость Солнечной системы на астрономически длительный период времени.

Большим достижением Лапласа в небесной механике стало создание в 1789 г. первой полной теории возмущенного движения спутников Юпитера под действием Солнца, этой планеты и взаимных возмущений, которые, как он обнаружил, периодически возникают и гасятся самой системой. Это позволило составить намного более точные таблицы затмений спутников Юпитера, которые во времена Лапласа оставались основным доступным для моряков астрономическим способом определения долготы на море – из сравнения табличных (для “нулевого”, тогда парижского, меридиана) и наблюдаемых моментов затмений того или иного спутника. (Изобретенный к тому времени хронометр был еще мало распространен из-за дороговизны...)

Лапласу принадлежит и ряд других важных работ в небесной механике: первая динамическая теория приливов; дальнейшая разработка теории фигур небесных тел; новый метод определения планетных и кометных орбит; работа о движении полюса по поверхности Земли (спустя два века это привело к созданию международной Службы широты). Все свои результаты в этой области Лаплас изложил в фундаментальном пяти-томном труде “Трактат о небесной механике”, над созданием которого он работал в течение почти трех десятилетий (1798–1825) почти до конца жизни. Именно в этом сочинении Лаплас впервые назвал новую науку, создание которой было завершено его трудами, небесной механикой.

Лаплас оставил чрезвычайно глубокий след и в развитии общей теоретической механики, а также в разработке нового математического аппарата, необходимого как для астрономии, так и для физики. В теории гравитационных взаимодействий он создал новую теорию потенциала, в которой для описания притяжения сфероида на внешнее тело ввел новый математический аппарат – “шаровые функции”. Начатое Лапласом создание теории движения тела переменной массы на два века опережало проблемы его эпохи, закладывая фундамент теории... космических полетов.

Совместно с выдающимся швейцарским математиком и механиком Я. Бернулли Лаплас построил первую строгую теорию вероятностей. Свою работу “Аналитическая теория вероятностей” (1812) он дополнил в новом издании (1814) философским введением “Опыт философии теории вероятностей”, издававшимся и отдельно (в том числе в русском переводе в 1908 г.). Огромное практическое значение для наблюдателей и экспериментаторов имела развитая им математическая “теория ошибок”, прежде всего обоснование метода “наименьших квадратов”, применяемого и в наши дни для оценки точности наблюдения и экспериментального результата.

Лаплас был в первых рядах создателей новых математических аналитических методов, непосредственно применимых на практике. К таким в высшей математике относились методы приближенных вычислений: разложение функции в ряды и применение дифференциальных уравнений в частных производных. Первое позволило ему решить труднейшую проблему вековых ускорений планет и Луны. Неудивительно после этого, что Лаплас считал небесную механику, опиравшуюся на закон всемирного тяготения, вершиной развития возможностей естествознания и был убежденным детерминистом. Он утверждал, что все процессы в природе, свя-



занные с движением, можно рассчитать на любое отдаленное будущее, если только знать начальные условия (массу, скорость, направление движения) для данного тела.

Но при всем “прикладном” характере математики у Лапласа выведенные им формулы могли быть универсальными. Так, дифференциальное уравнение в частных производных, носящее его имя, оказалось применимым при описании самых разных процессов и явлений: в теории потенциала, теплопроводности, в электростатике и гидродинамике.

О чрезвычайной широте научных интересов Лапласа свидетельствуют его исследования в физике и химии. Он вывел формулу для определения скорости звука в воздухе (1809); формулу зависимости плотности воздуха атмосферы от высоты над земной поверхностью (барометрическая формула). Он стал активным сторонником Лавуазье в борьбе против устарелой теории флогистона (гипотетической невесомой жидкости, которая при горении тела якобы выделяется из него) и отстаивал новую теорию великого химика о горении как окислении (соединении с кислородом). Лаплас построил теорию явления капиллярности, которая в свое время получила широкое применение в технике. Он исследовал преломление света, в том числе двойное преломление в кристаллах.

Откликаясь на новые идеи, Лаплас сыграл существенную роль в защите космической природы метеоритов, выдвинутой немецким физиком Э.Ф.Ф. Хладни в 1794 г. и встреченной сначала большинством “естественников” в штыки. Своим авторитетом и точными небесномеханическими расчетами Лаплас поддержал (1802) один из первых вариантов предполагавшегося космического источника метеоритов, а именно лунно-вулканический. В 80-е гг. XVIII в. теорию продолжающейся вулканической активности Луны выдвинул петербургский академик Ф.У.Т. Эпинус, ее затем поддержал геттингенский физик и астроном Г.К. Лихтенберг, а в 90-е гг., казалось, подтверждали наблюдения уже знаменитого тогда В. Гершеля. Принципиальную возможность того, что лунные вулканические бомбы могли бы достигнуть Земли, подтвердил расчетами ученик Лапласа С.Д. Пуассон. Не обошел вниманием Лаплас и весьма актуальную в его время проблему природы комет. Он первым попытался решить ее на основании теории теплоты. Лаплас допускал, что вблизи Солнца чудовищное нагревание тела кометы умеряется оттоком теплоты на испарение ее вещества. Напротив, в отдалении от Солнца чудовищный холод мирового пространства, охлаждающий тело кометы, должен был несколько умеряться выделением теплоты при конденсации ранее испарившегося ее вещества. Некоторые историки астрономии не очень обоснованно увидели в этом якобы принадлежащую Лапласу раннюю идею ледяного состояния ядра кометы. Стоит напомнить, что впервые идею о ледяном состоянии ядра кометы до ее сближения с Солнцем высказал Эпинус в сочинении 1759 г. “Рассуждение о строении мира”, опубликованном анонимно в 1783 г. в русском переводе. Ценность рассуждений Лапласа в ином – в физическом подходе к решению вопроса о природе астрономического объекта.

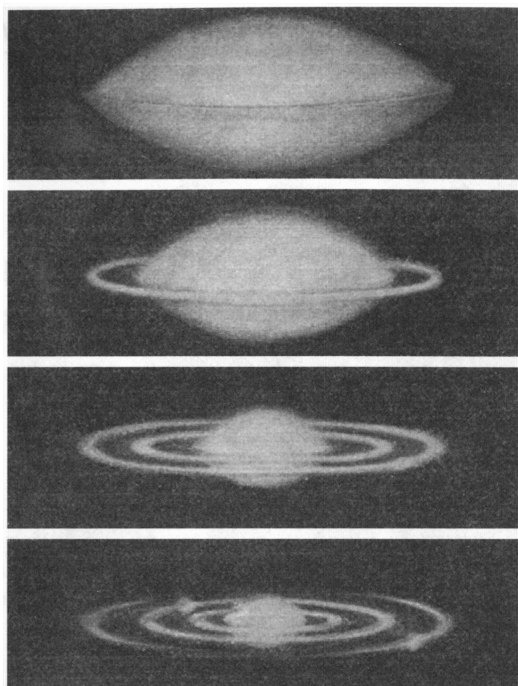
Расчеты Лапласа об отрыве тела от своей планеты привели его к идее о возможности существования, по сути, черных дыр. В 1796 г. он рассчитал, при какой массе и плотности тела скорость, необходимая для преодоления его тяго-

тения (вторая космическая), окажется больше скорости света. Такое тело при плотности как у Земли, по его расчетам, должно быть в 250 раз больше Солнца по диаметру и такие тела при их огромной светимости были бы невидимыми.

Особое место в истории не только астрономии, но и всего естествознания занимает знаменитая *небулярная космогоническая (планетная) гипотеза Лапласа*. Утверждение эволюционного мировоззрения в астрономии, начавшееся с умозрительной планетной космогонии И. Канта (1755), было развито на наблюдательной основе В. Гершелем в гипотезе продолжающегося и в наше время процесса звездообразования (1791) и получило свое завершение в планетной гипотезе Лапласа. При всей “ньютоновской” осторожности Лапласа в отношении гипотез он как крупнейший мыслитель также не мог ограничиться областью доказательных исследований. Триумфальная победа ньютоновой гравитационной теории, в могуществе которой Лапласа убедили собственные небесномеханические успехи, внушала мысль, что с помощью законов механики и всемирного тяготения можно объяснить не только современное состояние Солнечной системы, ее устойчивость, но также ее историю и происхождение. Сама ее удивительная упорядоченность – движение тел почти в одной плоскости и в одну сторону как самих планет, так и спутников, как в осевом, так и в орбитальном движении – наводила на мысль о неслучайности такого сочетания свойств. Если Ньютон и Эйлер видели в этом вмешательство Бога, то первые эволюционисты XVIII в., опираясь на теорию тяготения и механику, надеялись объяснить все только законами природы, то есть с их точки зрения точными законами механики и гравитацией. Безграничная убежденность в силе физики и механики прозвучала в известном ответе Лапласа Наполеону на вопрос, почему в его “Изложении системы мира”, в отличие от сочинений Ньютона, нет упоминания о Боге. Если за подобный “трех” великого Бюффона в год рождения Лапласа церковь вынудила отречься от своей, одной из первых механических,

космогонической гипотезы, то в век Просвещения ответ Лапласа был таким: *“Гражданин первый консул, в этой гипотезе я не нуждаюсь”*.

“Изложение системы мира” – самое знаменитое произведение Лапласа, литературные достоинства которого принесли ему избрание в 1816 г. во Французскую литературную академию, – выдержало пять прижизненных изданий (1796 – 1826); с 6-го, посмертного, был дважды сделан русский перевод (1861, 1982). Оно заканчивалось кратким, но весьма содержательным историческим обзором развития астрономии и небольшим дополнением – гипотезой о происхождении Солнечной системы. Гипотеза Лапласа первоначально занимала всего пару страниц и лишь в изданиях после 1811 г. расширилась до нескольких страниц в виде “Седьмого и последнего примечания”. В ней рисовалась картина возможного пути образования – главным образом под действием всемирного тяготения – системы планет и спутников из первоначальной обширной горячей газовой туманности – *атмосферы* формирующегося Солнца. Это последнее позволяло Лапласу избавить гипотезу от роковой ошибки Канта, предположившего возможность возникновения вращения в первоначально не вращавшейся протопланетной туманности. У Лапласа она вращается изначально уже потому, что вращается Солнце – факт наблюдаемый. В соответствии с известными тогда законами механики и физики Лаплас полагал, что в процессе остывания и поэтому сжатия туманности от нее постепенно должны были отделяться внешние части в форме колец, вещество которых при дальнейшем охлаждении могло (ввиду неравномерности распределения в кольцах плотности) сгуститься в отдельные планеты. Тем же путем – из обширных вначале атмосфер протопланет – возникали, согласно этой гипотезе, спутники. В изданиях после 1811 г. Лаплас добавил современные ему и, казалось,



подкреплявшие его гипотезу звездно-космогонические выводы В. Гершеля (без упоминания его имени) о формировании звезд из туманностей, наблюдавшихся как бледные пятна с разной степенью сгущения в них материи к одному или нескольким центрам. В таком, более полном, виде гипотеза Лапласа приобрела широчайшую известность и популярность, не снижавшуюся целое столетие.

Правда, уже вскоре обнаружилось противоречие его гипотезы с новыми фактами: открытием обратного движения у спутников Урана (В. Гершель, 1797 г.), а в дальнейшем и с новыми открытиями в физике и механике. Оказалось невозможным не только сгущение газового кольца в планету, но и образование и отделение его лишь под действием механических сил. Не могла она объяснить и главную загадку системы – противоположное распределение между Солнцем и системой планет массы и момента количества движения. Все попытки спасти гипотезу, а также перевести ее на математический язык (Э.А. Рош, 1873 г., А. Пуанкаре, 1911 г.) не увенчались успехом. В конце XIX в. первая эволюци-



Памятник П.С. Лапласу на его родине, в г. Бомон-ан-Ож.

космогонии также не выдержало в дальнейшем критики физиков и небесных механиков. И в середине XX в. новый синтез основных идей Канта и Лапласа (формирование планет из окружающей Солнце протопланетной диффузной, достаточно холодной, газопылевой туманности), дополненных новыми физическими идеями, дал стимул развитию современного этапа планетной космогонии. Так еще раз проявилась эвристическая сила фундаментальных космогонических прозрений первых эволюционистов – Канта и Лапласа.

Пьер Симон Лаплас прожил 78 лет (он умер 5 марта 1827 г.). В своих последних словах он еще раз проявил себя мудрым не только математиком и астрономом, но и философом: *“То, что мы знаем – немного; то, чего же не знаем, – огромно”*. Полное собрание сочинений Лапласа в 14 томах было издано за счет государства по специальному указу короля от 15 июля 1842 г. Спустя много лет великий ученый возвратился-таки на свою родину – в виде монументального памятника от своих благодарных сограждан.

А.И. ЕРЕМЕЕВА,

кандидат физико-математических наук

ГАИШ МГУ

онная планетная космогония, неоправданно объединенная как “небулярная гипотеза Канта – Лапласа” (небулярная, причем горячая, туманность была у Лапласа, у Канта же – холодная пылевая!), вновь уступила на полвека место катастрофическим гипотезам о случайном возникновении планетной системы из оторванного (ударом или приливными силами внешнего тела) фрагмента солнечного вещества. Но это направление в

Информация

Что происходит в центре Галактики

Европейские и американские астрономы одновременно использовали Очень Большой

Телескоп (VLT, ESO) и телескоп Первооткрывателя Атакама (APEX) в Чили для наблюдения процессов в центре Млечного Пути. Кроме газопылевых облаков и скоплений звезд (см. стр. 4 обложки) ученые в этом месте Галактики исследуют явления вблизи сверхмассивной черной дыры массой примерно $3.7 \times 10^6 M_{\odot}$, которая находится от нас на расстоянии

24 тыс. св. лет. Ее сильнейшее гравитационное поле способно захватывать множество ближайших к ней звезд. За 6 ч наблюдений ученые обнаружили в ИК-диапазоне вспышки, которые могли быть вызваны падением на сверхмассивную черную дыру звезд и вещества.

*Пресс-релиз ESO,
18 ноября 2008 г.*

Факты и тенденции в географической науке (31-й Географический конгресс в Тунисе)

М. Д. АНАНИЧЕВА,
кандидат географических наук
Е. Н. НОВЕНКО,
кандидат географических наук
В.А. КОЛОСОВ,
доктор географических наук
Институт географии РАН (ИГ РАН)

Ровно через четыре года после 30-го конгресса Международного географического союза в Глазго (Земля и Вселенная, 2005, № 2) состоялся следующий Всемирный форум географов. На этот раз для его проведения выбрана столица североафриканской страны, на территории которой некогда процветала легендарная Финикия со знаменитым Карфагеном.

СЕКЦИИ, ДОКЛАДЫ,
ВСТРЕЧИ...

31-й Международный географический конгресс проходил с 12 по 15 августа 2008 г. в г. Тунисе. В нем участвовало 1205 человек из 75 стран. Его главная тема: *“Обустроим вместе наши территории”*; она разделялась на восемь основных подтем (Территория как объект географии; Стратегиче-

ские подходы к территории; География как прикладная наука; Глобализация и территории; Новые технологии и территории; Территория и окружающая среда, территориальное планирование и устойчивое развитие; Территории: зоны контакта или разрыва?; Реконструкция территории в географии). Доклады были распределены по восьми специальным сессиям, 66 техническим сессиям и заседаниям семи рабочих групп.

Во время работы Конгресса проведены Генеральная ассамблея Международного географического союза (МГС), на которой выбрано новое руководство. Были проведены заседания членов всех 34 тематических комиссий МГС, Генеральная ассамблея географов стран Содружества, встречи арабских, латиноамериканских и африканских географов.

Город, где в 2012 г. состоится 32-й Конгресс, стал известен еще четыре года назад, это – Кёльн (Германия). В 2016 г. Конгресс намечен в Пекине. Были названы места проведения ряда региональных конференций МГС. Так, одна из них пройдет в 2010 г. в столице Израиля Тель-Авиве, другая – латиноамериканских географов – состоится в 2011 г. в Сантьяго-де-Чили.

ГЕНЕРАЛЬНАЯ АССАМБЛЕЯ
МГС

На Генеральной ассамблее МГС был заслушан доклад исполнявшего обязанности президента Х. Паласио Прието о работе в период между двумя последними конгрессами. Состоялась дискуссия о перспективах МГС. Утверждены комиссии и их председатели. За год до Конгресса были созданы



В центре столицы арабского государства Тунис установлена башня с часами – местный “Биг-Бен”. В августе 2008 г. в городе Тунисе состоялся 31-й конгресс Международного географического союза.

две новые комиссии – “Коренные народы и их права” и “География островов”. Упразднена комиссия по ландшафтному анализу и несколько других, но осталась комиссия по истории географии.

Международный географический союз отметил участие географов в **Международном годе планеты Земля**, программа которого разработана ЮНЕСКО и утверждена ООН. Она построена вокруг четырех главных тем – *Будущее планетарных ресурсов, Стихийные бедствия и территория, Продовольствие для города и Система Земля*.

Стремясь повысить значимость и авторитет географической науки, исполком МГС во главе с прези-

дентом А. Валлегой инициировал две международные программы: *Культуры и цивилизации для человеческого развития* и *Средиземноморская программа возрождения*. Они направлены на сотрудничество между географами Европы, Ближнего Востока и Северной Африки.

Генеральная ассамблея одобрила решение исполкома и в дальнейшем поддерживать деятельность Дома географии (Home of Geography) в Риме, созданного около 10 лет назад. По договоренности с Итальянским географическим обществом в особняке XVI в. *Вилла Челимонтана*, расположенном в парке на вершине одного из холмов вечного города, в нескольких минутах

ходьбы от Колизея, сохраняются архивы МГС, издаются его труды и бюллетень, регулярно проводятся международные конференции. Дом географии принимает и индивидуальных исследователей из разных стран.

На Генеральной ассамблее состоялись выборы нового состава исполкома МГС. Президентом избран профессор **Рональд Аблер** (США), имеющий богатый опыт работы в Ассоциации американских географов, Национальном географическом обществе США, международных организациях. В течение многих лет Р. Аблер был генеральным секретарем и казначеем, а затем – вице-президентом МГС. Генеральным секретарем и

казначеем стал Во-ик Ю (Южная Корея). Одним из вице-президентов избран наш соотечественник сотрудник ИГ РАН доктор географических наук **В.А. Колосов**.

НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Одна из главных тем, обсуждаемых на Конгрессе, — наблюдаемые **климатические изменения**. В частности, рассматривались их причины, проявление на глобальном, региональном и даже локальном уровне, возможные последствия для функционирования экосистем разного уровня и разработки стратегий устойчивого развития. Межгосударственная группа экспертов по изменению климата установила, что с конца XIX в. средняя температура на Земле поднялась на 1°, а *“большая доля потепления, наблюдавшегося в последние 50 лет, обусловлена деятельностью человека”*, в первую очередь накоплением в атмосфере антропогенных газов, вызывающих парниковый эффект, таких как двуокись углерода (CO_2) и метан (CH_4). Согласно климатическим моделям, на которые ссылались докладчики, **средняя температура Земли повысится между 1990 г. и 2080 г. на 1–15°C**. В отдельных регионах температура может немного понизиться. Вместе с тем докладчики отметили множество неопределенностей, заложенных в климатических моделях.

Климатическая тематика на Международном гео-

графическом конгрессе была представлена на специальных сессиях Комиссии по климатологии: одна из них посвящена климатическим изменениям в голоцене (последнее тысячелетие — 10 тыс. лет) до XXI в., другая — проблеме урбанизации и изменения климата. Их обсуждали на совместных заседаниях комиссий по климатологии, геоморфологии, биогеографии и биоразнообразию, на специальной сессии Комиссии по эволюционной географии, на заседаниях, посвященных Международному году Земли.

Особо выделены следующие направления:

1. **Ретроспективный анализ изменения температур (палеоанализ)**. Приведены данные за последнее тысячелетие, период голоцена и последние 450 тыс. лет. Такой широкий охват позволяет показать место наблюдаемого глобального потепления на фоне природного тренда климатических изменений.

2. **Урбанизация и климат, влияние городских и сельских ландшафтов на пространственное поле температур, на тепловой и водный баланс**. В докладах на эти темы были представлены материалы из Израиля, Франции, Японии, Кореи, Великобритании, Австралии. В частности, ученые из Японии и Кореи сделали очень тонкий анализ температурных полей, вплоть до отдельного города и даже отдельного здания. Особое внимание уделено

проблеме смягчения негативных воздействий на водные ресурсы регионов.

3. **Климатические изменения и растительный покров. Сокращение биоразнообразия и климатическая уязвимость экосистем различных регионов**. В этих исследованиях широко применено математическое моделирование. Представлены различные сценарии изменения биологических систем в Индии, Китае, Великобритании, США, Бразилии и на Филиппинах. Рассмотрены также вопросы популяционной динамики и чувствительности биоценозов к изменениям климата на глобальном и региональном уровне.

4. **Климатические изменения и устойчивое развитие территорий, сохранение биоразнообразия**. В рамках этой темы обсуждены проблема обеспечения населения водой и продуктами питания и проблема голода в развивающихся странах, например в Индии и странах Юго-Восточной Азии. Отмечалось, что в результате глобального потепления учащаются природные катаклизмы, такие как наводнения, засухи, ураганы; понизятся урожаи сельскохозяйственных культур, исчезнут многие биологические виды. Потепление, по всей вероятности, увеличит повторяемость и интенсивность этих явлений. В докладах подчеркивался конфликт между развитием хозяйства и сохранением ресурсов на региональном уровне. В ряде презентаций даны реко-

мендации по более эффективному использованию биологических ресурсов и изменению структуры землепользования.

5. Климатические процессы в тропических регионах и в Средиземноморье (преимущественно на Ближнем Востоке). Подчеркивалось, что эти регионы, пока недостаточно изученные, имеют существенное влияние на формирование общих закономерностей изменения климата в глобальном масштабе.

6. Прикладной аспект изучения климатических изменений: влияние глобального потепления на отдельные отрасли хозяйства. Были представлены конкретные расчеты последствий повышения зимних температур на индустрию туризма в Финляндии, а также влияние увеличения повторяемости засух на сельское хозяйство в Иране.

Общий тренд географических исследований в последнее время в Северной Африке можно представить по опубликованному **реестру географических исследований в Египте**, изданному в 2007 г. Он содержит 4025 наименований. На социально-экономическую географию приходится 59.6% всех публикаций, физическую географию – 16.8%, региональную географию – 7.2%, историческую географию – 6.3%, теорию географии – 6.1%, общую географию – 2.9%. География окружающей среды рассмотрена всего в 1.1% опубликованных работ.

Обсуждались на Конгрессе и исследования природных опасностей и рисков, ведущиеся географами разных стран мира. Наибольшее число работ посвящено изучению и оценке потенциальной опасности ветровых процессов, наводнений, оползней, овражной эрозии, землетрясений, цунами. Кроме того, ведутся работы по изучению биолого-социальных опасностей и рисков и их связи с окружающей средой.

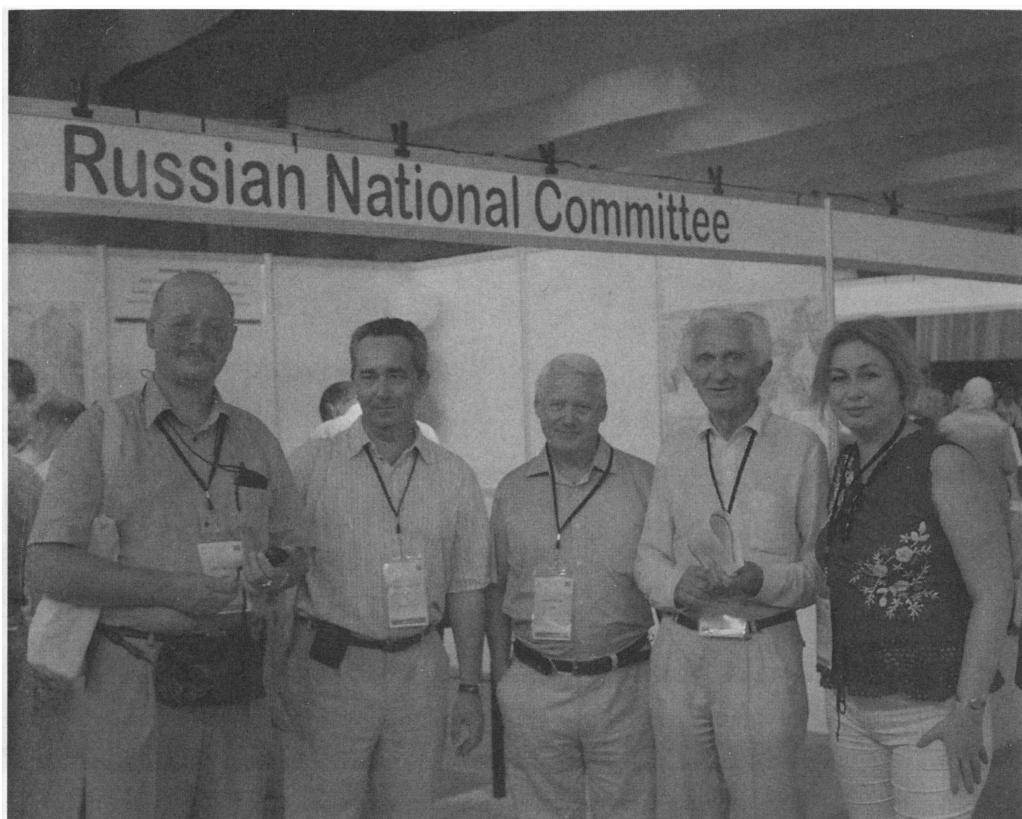
Комплексный подход при исследовании проблемы природных и антропогенных опасностей и рисков наиболее ярко проявляется в картографических произведениях. В этой связи следует упомянуть об изданных в России ряде **атласов природных и техногенных опасностей и рисков** в пределах страны и ее федеральных округов. Среди них выделяется Атлас, изданный под редакцией Министра чрезвычайных ситуаций России С.К. Шойгу (Земля и Вселенная, 2006, № 4). Большинство современных географических исследований опирается на новейшие геоинформационные технологии, методы дистанционного зондирования и системы глобального позиционирования. Географы разрабатывают геоинформационные системы (ГИС), которые помогают успешно решать разнообразные задачи, например относящиеся к динамике использования земель и водного зеркала озер, моделированию траекторий тропических цик-

лонов, оползневых процессов и наводнений и возможного ущерба от них, разработке схем территориального планирования, мониторингу почвенной эрозии и обезлесения. С их помощью можно оценить экономическое воздействие инвестирования в общественные инфраструктуры и применить в управлении промышленными сооружениями. ГИС дают возможность быстро изучать собранную информацию на своем компьютере в любом уголке земного шара.

Бывший вице-президент США Альберт Гор в 1998 г. первым высказал идею создания цифровой модели Земли, развитию которой был посвящен один из докладов Конгресса. Крупнейшими достижениями в этом направлении в настоящее время стали представленная на Конгрессе новая цифровая карта мира масштаба 1:1 000 000 и цифровые модели Земли, построенные на основе дистанционных данных спутника "ALOS".

УЧАСТИЕ РОССИЙСКИХ ГЕОГРАФОВ

Российская делегация в Тунисе, возглавлявшаяся академиком В.М. Котляковым, насчитывала около 30 человек: представители Института географии РАН (Москва), географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, Тихоокеанского института географии ДВО РАН (Владивосток), Института водных и экологических проблем ДВО РАН (Хаба-



Российские участники 31-го Международного географического конгресса у стенда Национального комитета географов России. Слева направо: К.В. Чистяков (СПбГУ), член-корреспондент РАН С.А. Добролюбов (МГУ), декан географического факультета МГУ академик Н.С. Касимов, академик В.М. Котляков, кандидат географических наук М.Д. Ананичева. Август 2008 г.

ровск) и других организаций.

Руководимая российскими географами Комиссия по эволюционной географии организовала специальную сессию, ее тема – *“Эволюция окружающей среды и человеческая деятельность в голоцене”*. Сессия включала доклады, посвященные палеоклиматическим реконструкциям и возможности их использования в качестве инструмента для прогноза возможных изменений окружающей среды в

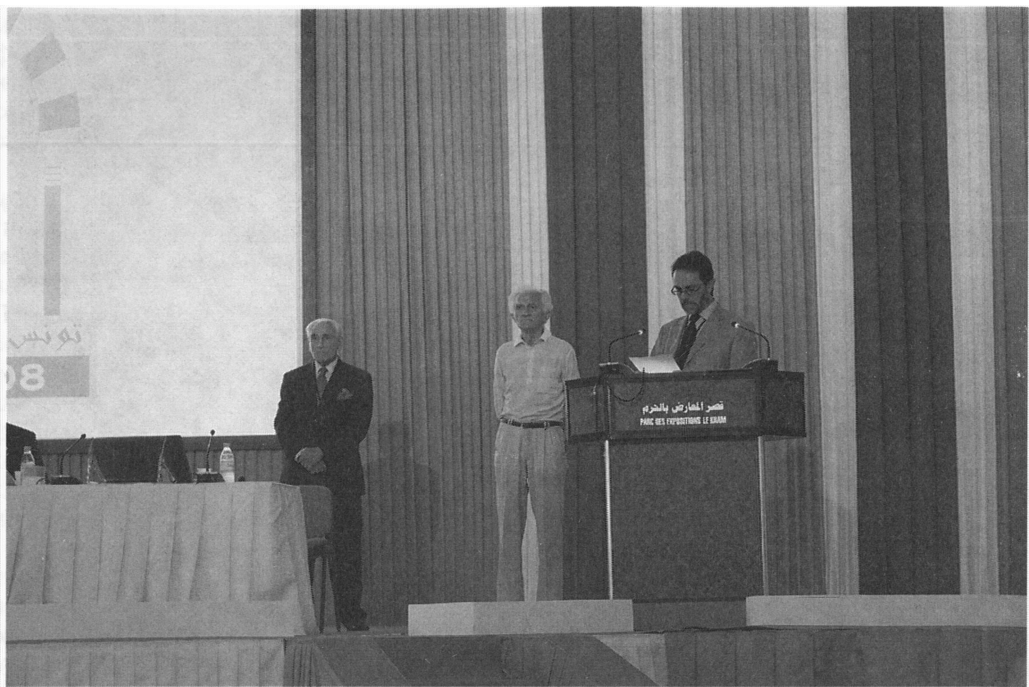
будущем (доклад доктора географических наук А.А. Величко с соавторами), региональному анализу климатических изменений и структуры землепользования (доклад Е.Ю. Новенко).

Важным этапом подготовки к полноценному участию стала организация Национальным комитетом российских географов совместно с ИГ РАН и географическим факультетом МГУ выставки научной и учебной географической литературы. Экспозиция

вызвала большой интерес, несмотря на то что большинство книг было на русском языке.

Было предложено провести в октябре 2009 г. региональную конференцию во Владивостоке. Ее тема – *“Взаимовлияние природной среды и человека в голоцене востока Азии”*.

На заключительном пленарном заседании Конгресса лидеру российской географии академику **В.М. Котлякову** была вручена награда МГС. Награды получили также



Вручение награды МГС академику В.М. Котлякову на заключительном заседании Конгресса в Тунисе.

Дж. Энъеди (Венгрия), М. Абулес (Египет), Л. Косиньски (Канада) и бывший президент Международного географического союза Х. Ферстаппен (Нидерланды).

ЗНАКОМСТВО С ТУНИССКОЙ САХАРОЙ

Программа Конгресса включала в себя ряд экскурсий. В основном они были связаны с Тунисом (как с городом, так и страной). После закрытия Конгресса секретарь НКРГ М.Д. Ананичева (ИГ РАН, Москва) и С.М. Говорушко (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН) приняли участие в пятидневной экскурсии "Пустыни и оазисы Туниса". Пустыня Сахара занимает около

40% территории Туниса. У большинства людей это ассоциируется с барханами. На самом деле ландшафты Сахары очень разнообразны: каменистые и щебнистые пустыни (хамады), глинистые (сериры), песчаные и горные пустыни. На много километров вокруг – выжженная бесплодная земля, и вдруг среди этого однообразия возникает оазис, буйство растительности.

Основная древесная порода в оазисах Сахары – культурная финиковая пальма высотой до 30 м, диаметр ствола до 1.2 м. На пальме одновременно образуется от 3–6 до 20 крупных кистей плодов, на каждой 7–18 кг, с дерева собирают в среднем 250 кг фиников. Финики –

чрезвычайно важная для экономики страны культура, в пустынях это главный пищевой продукт, заменяющий хлеб. Древесина пальмы используется в качестве строительного материала, листья – для плетения различных изделий. В оазисах выращивают зерновые культуры, фрукты и овощи. Населенные пункты чаще всего расположены также в оазисах.

Подземные воды нередко залегают на глубине 600 м и более, поэтому строительство оросительных сооружений требует больших финансовых затрат.

Проблема усугубляется тем, что северная граница величайшей пустыни наступает в северном направлении. Там, где двигаются барханы, для их ста-



В каменистой пустыне тунисской части Сахары.

билизации строят барьеры из отмерших ветвей финиковых пальм, общая протяженность которых измеряется, видимо, тысячами километров. Эффективность такой защиты не высока. Барьеры лишь на некоторое время замедляют

продвижение песка. Нередко можно видеть несколько их параллельных рядов, причем ближайшие к бархам едва виднеются.

Конгресс, проведенный в августе 2008 г. в Тунисе, показал: в географии сегодня существует достаточ-

но обширное поле деятельности. Иногда встречающаяся точка зрения об исчерпании географии как науки ("все уже давно открыли") совершенно безосновательна.

Фото М.Д. Ананичевой

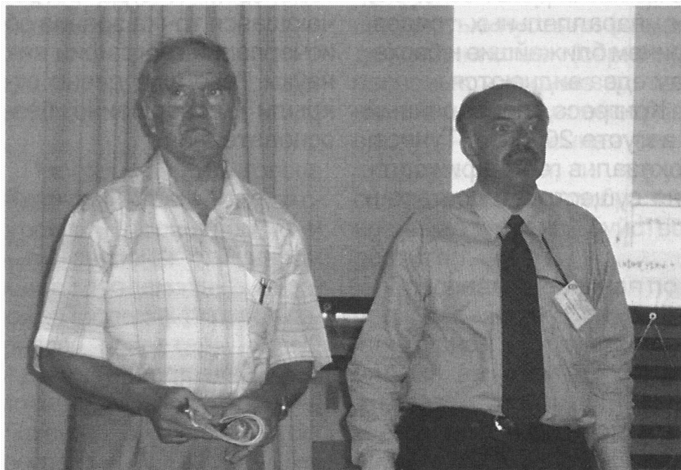
Очередной съезд АстрО

1–5 июля 2008 г. в ГАИШ МГУ и Московском городском дворце детского (юношеского) творчества прошли **9-й съезд Международной общественной организации “Астрономическое общество” (АстрО)** и приуроченная к нему международная научная конференция **“Астрономия и астрофизика начала XXI века”**. Программа форума была построена так, что открытие Конференции состоялось 2 июля, хотя секции начали свои

заседания 1 июля, а съезд – 3 июля. Съезд был пере-выборный, поэтому в тот же день тайным голосованием избрали новое Правление АстрО, состав сопредседателей остался прежним: доктора физико-математических наук **Н.Н. Самусь** и **Л.В. Рыхлова** (ИНАСАН), кандидат физико-математических наук **М.И. Рябов** (филиал Радиоастрономического института НАН, Украина).

На пленарных заседаниях Конференции 2, 4 и

5 июля было заслушано 18 докладов по актуальным проблемам астрономии и астрофизики. Они вызвали большой интерес у слушателей и оживленную дискуссию. Отметим наиболее удачные. В докладе кандидата физико-математических наук **Г.М. Бескина** (САО РАН) *“Результаты поиска оптических транзиентов”* речь шла о выдающемся открытии российских астрономов – быстрой переменности у гамма-всплесков. Академик **Н.С. Кардашёв** (Астрокосмический центр ФИАН) и доктор физико-математических наук **М.Е. Прохоров** (ГАИШ) в докладах *“Космические проекты “Астрон” и “Миллиметрон”*», *“Российские космические фотометрические эксперименты фундаментального и широкого назначения”* представили актуальные проекты научных экспериментов нашей космической программы. Доцент **Л.Г. Лукьянов** (Физический факультет МГУ) в докладе *“Эволюция орбит тесных двойных звезд”* указал на ошибку астрофизиков, изучающих тесные двойные звезды в

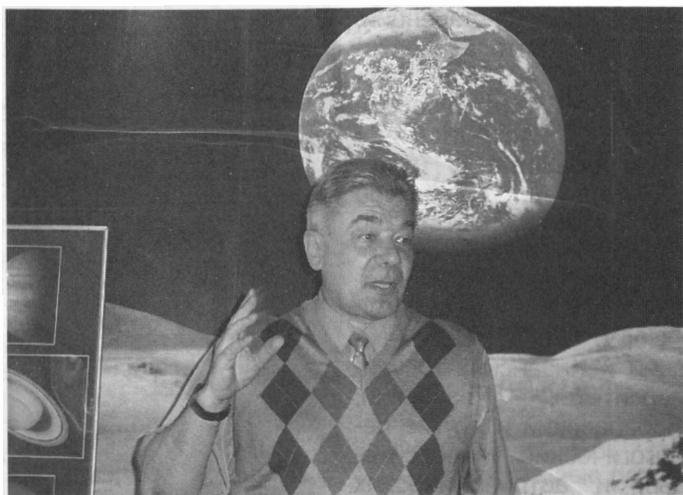


Открытие 9-го съезда Международной общественной организации “Астрономическое общество”. Сопредседатели АстрО М.И. Рябов и Н.Н. Самусь.

Доктор физико-математических наук Ю.А. Нефедьев выступает с докладом о создании Обсерватории им. В.П. Энгельгардта в Казани.

рамках модели Мещерского – Леви – Чевита, и предложил более корректную модель. Четыре “солнечных” доклада, включенных в программу, в том числе доклады докторов физико-математических наук **В.Н. Обридо** (ИЗМИРАН) “Глобальные магнитные поля Солнца и космическая погода” и **А.В. Степанова** (ГАО РАН, Пулково) “Актуальные проблемы вспышечного энерговыделения на Солнце и звездах”, свидетельствуют о повышенном внимании к Солнцу в связи с полным солнечным затмением 1 августа 2008 г.

Можно выделить еще несколько пленарных докладов. Доктор физико-математических наук **И.И. Зинченко** (Институт прикладной физики, Нижний Новгород) затронул актуальные проблемы исследования областей звездообразования в галактиках. Доктор физико-математических наук **Ю.А. Нефедьев** и кандидат физико-математических наук **И.А. Дубяго** (Астрономическая обсерватория им. В.П. Энгельгардта, г. Зеленодольск) в докладе “Астрономия в Казани (к 180-летию В.П. Энгельгардта)” коснулись истории отечественной астрономии конца XIX – начала



XX в., остановившись на жизни и деятельности В.П. Энгельгардта (Земля и Вселенная, 2009, № 1). Доктор физико-математических наук **Л.В. Рыхлова** (ИНАСАН) выступила с докладом “Экология околоземного пространства”, в котором сообщила последние данные о засоренности ближнего космоса в основном телами и осколками искусственного происхождения, о том, как они влияют на полеты ИСЗ, а доктор физико-математических наук **Н.В. Куликова** (ИАТЭ, Обнинск) говорила о засоренности окосолнечного и околоземного пространства фрагментами ядер комет и метеороидными комплексами. Доктор физико-математических наук **О.К. Сильченко** (ГАИШ) в докладе “Современные звездные населения и происхождение галактик” рассказала о нашем представлении о свойствах звездных населений в галактиках различных типов на разных

красных смещениях, а также о том, как эти данные ограничивают возможные сценарии формирования галактик. До настоящего времени существуют серьезные противоречия между предсказаниями самой популярной ныне космологической модели (ΛCDM) и наблюдательными данными о возрастах и массах звездного компонента далеких галактик.

Доктор физико-математических наук **А.Д. Чернин** (ГАИШ) рассказал о первых подходах к изучению темной материи (невидимая субстанция во Вселенной) и темной энергии, которая представляет собой космический вакуум, вызывающий ускоренное расширение Вселенной. Он коснулся проблемы всемирного антитяготения – грандиозного и загадочного феномена космологии, физическую природу которого еще предстоит выяснить.

Пленарные доклады задали хороший тон работе

пяти секций Конференции, заседания которых проходили 1, 2, 4 и 5 июля в основном в ГАИШ. В работе секции **“Астрономическое образование”** (руководитель – профессор **А.В. Засов**) участвовало около 30 человек – это сотрудники вузов, где преподается астрономия (МГУ, СПбГУ, УрГУ, Воронежский и Казанский госуниверситеты, Рязанский, Ярославский и другие педагогические университеты), и астрономических учреждений (ГАИШ, ПРАО ФИАН и другие), учителя школ, гимназий, лицеев, внешкольных учреждений, методисты и авторы учебников. Помимо российских специалистов, присутствовали представители Украины и Таджикистана. На секции вызвали наибольший резонанс следующие вопросы:

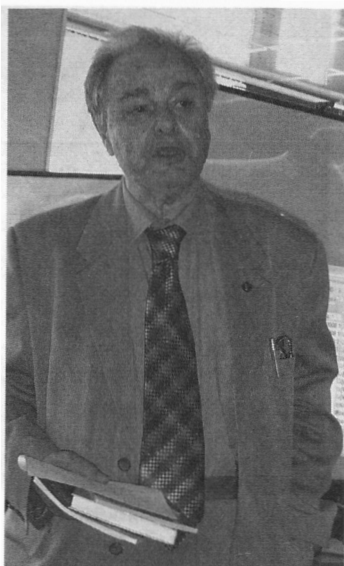
- проблемы вузовской астрономии, необходимость сохранения “сквозного” преподавания астрономии с первого курса;

- необходимость систематического преподавания основ астрономии в школе (восстановление школьного предмета “астрономия”), его усиления в педвузах;

- обмен опытом внешкольной работы с детьми;

- перспективы подготовки новых учебников, образовательных материалов и учебных программ.

На этой секции выражена единодушная поддержка тем энтузиастам, которые в трудных условиях продолжают увлеченно работать с детьми, воспитывая у них интерес к нау-



Доктор педагогических наук Е.П. Левитан рассказывает о проблемах преподавания астрономии в школе.

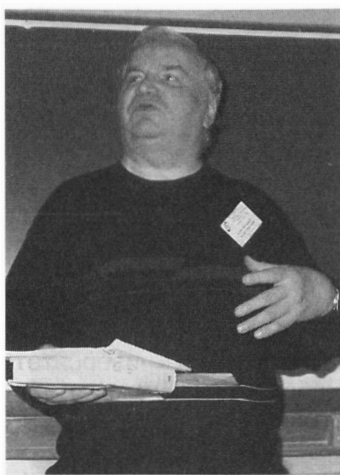
ке через занятия астрономией. Присутствующие положительно отметили открытие нового Планетария в Нижнем Новгороде, создание современной автоматизированной школьной астрономической обсерватории в Подольске, подготовку космических программ для школьников, появление новых учебников, книг, методических разработок и интернет-сайтов по астрономии. В последние годы возросло внимание к применению в преподавании интерактивных моделей и анимаций, касающихся различных астрономических явлений. Об этом подробно рассказала кандидат педагогических наук **Н.Н. Гомулина**. Именно в этой области обмен опытом наиболее просто осу-

ществим и очень эффективен. На секции были награждены победители Всероссийского конкурса астрономических сайтов “Заря-2007” и конкурса по развитию Интернета. В конце работы секции состоялся Круглый стол, на котором присутствовавшие обменялись мнениями обо всех затронутых проблемах. На секции выступили доктор педагогических наук **Е.П. Левитан**, заведующий планетарием Московского городского дворца детского (юношеского) творчества **И.С. Черная**, учительница гимназии № 7 г. Подольска **М.Г. Гордон** и другие.

На секции **“Астрометрия и небесная механика”** (руководитель – кандидат физико-математических наук **В.М. Чепурова**) присутствовало более 70 человек. С докладами выступило около 30 человек. Кроме российских ученых (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Ульяновск, Обнинск, Екатеринбург, Челябинск, Томск, Ярославль) в работе секции участвовали специалисты из Украины, Латвии, Таджикистана и Туркмении. Коллектив сотрудников АОЭ вместе с учеными Ульяновского государственного технического университета представили две темы докладов: фигуры и аномалии магнитного и гравитационного полей Луны и проблемы, связанные с гравиметрией (вопросы сейсмичности и отклонений отвесной линии). Об эволюции орбит внешних спутников планет-гигантов рассказали

ученые ИПМ им. М.В. Келдыша РАН; о структуре пояса Койпера как отражении процесса миграции планет и точности наблюдений и моделирования движения геостационарных спутников – уральцы (Екатеринбургский университет и ЮжУрГУ); о нестационарной активности комет – ученые из Таджикистана. В конце последнего заседания авторам постерных докладов была предоставлена возможность кратко сообщить о своих результатах и ответить на вопросы. Этой возможностью воспользовались многие. Доктор физико-математических наук **В.В. Прокофьева** (КрАО) с соавторами поделилась информацией о новом этапе в дистанционном зондировании малых тел Солнечной системы. Кандидат физико-математических наук **Р.К. Казакова** (ИПМ им. М.В. Келдыша) рассказала о работах сотрудников Института прикладной математики при подготовке запуска ИСЗ.

Доклады на секции **“Физика звезд и межзвездной среды”** (руководители – доктора физико-математических наук **Л.Н. Бердников**, **Н.Г. Бочкарев** (ГАИШ) и **Н.Н. Самусь** (ИНАСАН) охватывали многие темы, связанные с происхождением звезд, космическими мазерами, свойствами звезд на ранних и поздних этапах эволюции, ролью магнитных полей звезд. Заседание секции открыли доклад доктора философских наук **В.В. Казютинского** (Институт филосо-



Доктор философских наук **В.В. Казютинский** выступает с докладом о жизни и деятельности академика **В.А. Амбарцумяна**.

фии РАН) **“Нестационарные объекты во Вселенной: к 100-летию со дня рождения В. А. Амбарцумяна”** (о вкладе академика В.А. Амбарцумяна в развитие современной астрономии) и доклад кандидата физико-математических наук **Н.С. Полосухиной** (КрАО, Украина) **“Создание Симеизской обсерватории на горе Кошка”**, посвященный 100-летию основания КрАО.

Сотрудники ПРАО ФИАН, АКЦ ФИАН и ГАИШ МГУ в серии докладов подробно рассмотрели переменность космических мазеров, связанных с областями звездообразования, включая рождение сверхмассивных и маломассивных звезд. Кандидат физико-математических наук **С.Н. Замоздра** и доктор физико-математических наук **А.Е. Дудоров** (Челя-

бинский госуниверситет) описали МГД-модель аккреционных дисков молодых звезд и магнитного поля в них. Доктор физико-математических наук **Н.З. Исмаилов** (ШАО, Азербайджан) рассказал о проблеме переменности ИК-излучения молодых звезд и ее связи с аккреционными дисками вокруг них. Кандидат физико-математических наук **А.Ф. Холтыгин** (СПбГУ) с группой соавторов из САО РАН представил новые результаты анализа слабой переменности профилей линий в спектрах звезд ранних спектральных классов и возможную роль в них магнитного поля. Кандидат физико-математических наук **Е.А. Карицкая** от имени коллектива соавторов из различных учреждений России и дальнего зарубежья сообщила об открытии магнитного поля в рентгеновской двойной системе Суг Х-1. Это первое непосредственное измерение магнитного поля в системах, содержащих черные дыры. Оно подтверждает принятую сейчас модель магнитной аккреции на черные дыры в двойных звездных системах и активных галактических ядрах. Несколько докладов были посвящены поздним этапам эволюции звезд и их влиянию на межзвездную среду. Сербский астроном **А.А. Михайлов** (Белградская обсерватория) рассмотрел влияние не учитываемых ранее процессов поглощения и излучения энергии в УФ-диапазоне на параметры спектра излучения бе-



Руководитель секции "Галактики, космология" доктор физико-математических наук **О.К. Сильченко**.

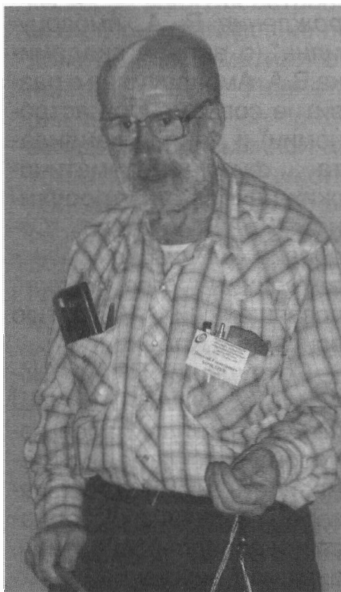
лых карликов. Доктор физико-математических наук **И.Ф. Малов** (ПРАО ФИАН) сделал доклад на тему "Пульсар J1852-0040 в Kes79 как ключ к пониманию природы центральных компактных объектов в остатках сверхновых". Доктор физико-математических наук **Т.А. Лозинская** (ГАИШ) проанализировала новые данные и убедительно показала, что синхротронная сверхоболочка в галактике IC10 — наиболее уверенный кандидат в остатки вспышек гиперновых.

Доклады, представленные на секции "Галактики, космология", работавшей под руководством доктора физико-математических наук **О.К. Сильченко** (ГАИШ), были сгруппированы в два примерно равных по объему блока докладов: "Мониторинг активных ядер галактик" и "Структура и динамика галактик". Сессия прошла живо и интересно, коллеги

поделились новыми последними достижениями, продемонстрировали, что внегалактическая астрономия в России имеет ресурсы, интересные идеи и перспективы. В первый день работы "знаковым" сообщением сессии стал доклад доктора физико-математических наук **Н.Г. Бочкарева** (ГАИШ) и **М. Гаскелла** (Университет Небраска, США) о точности оценок массы центральных черных дыр в сейфертовских галактиках, сделанных Э.А. Дибай в начале 1980-х гг. Э.А. Дибай был пионером вириальных оценок масс центральных черных дыр. Используемые им модели были очень простыми и содержали массу парамет-

ров, для которых Э.А. Дибай брал часто интуитивные значения. Сравнение его оценок для ядер 17 сейфертовских галактик с последними данными по измерению их масс показало, что эти оценки хорошо коррелируют и массы центральных черных дыр, по Дибай, в среднем всего на 40% меньше предсказанных. Это замечательный пример торжества физической интуиции.

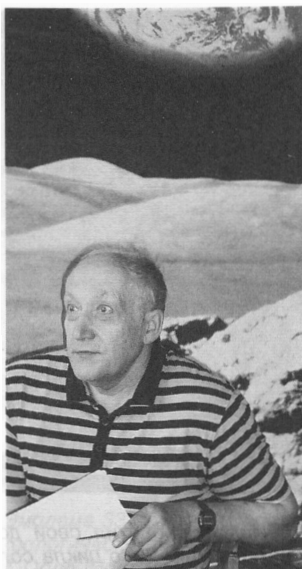
На заседаниях секции обсуждались многие вопросы внегалактической астрономии, в том числе активные ядра галактик. Изучение их в нашей стране традиционно связано с получением и анализом длительных однородных рядов наблюдений, как спектральных, так и фотометрических. Выявление характера переменности и сравнение временных характеристик в разных диапазонах спектра позволяет делать выводы о структуре окрестностей активной зоны и о природе излучения активного ядра. На протяжении последних 40 лет ученые осуществляют мониторинг одних и тех же объектов. Эта область внегалактической астрономии наиболее эффективно использует преимущество объединения усилий многих десятков исследователей на одном актуальном направлении. Коллективы, руководимые кандидатом физико-математических наук **Б.П. Артамоновым** из ГАИШ, доктором физико-математических наук **И.И. Проник** из КрАО и кандидатом физико-математических наук **А.И. Ша-**



Доктор физико-математических наук **Н.Г. Бочкарев** выступает с докладом о точности оценок массы центральных черных дыр в сейфертовских галактиках.

поваловой из CAO РАН, представили ряд наблюдательных работ, посвященных многолетнему мониторингу близких сейфертовских галактик NGC 4151, NGC 3227, NGC 3903, NGC 7469. Результаты мониторинга активных ядер галактик в радиодиапазоне сообщили украинские астрономы **М.И. Рябов**, **А.Л. Сухарев** (Одесская обсерватория "Уран-4" Радиоастрономического института НАНУ), **А.Е. и Л.Н. Вольвач** (Лаборатория радиоастрономии НИИ КрАО) и радиоастрономы из Мичиганского университета (США). К вопросу об активных ядрах галактик следует отнести и интереснейший доклад кандидата физико-математических наук **Е.А. Коптеловой** с соавторами (ГАИШ МГУ) о запаздывании переменности между кратными изображениями гравитационно-линзированного квазара UM 673, хотя в данном случае мониторинг оценивает не столько структуру самого активного ядра, сколько структуру линзирующей галактики. Генерации космических лучей активными ядрами галактик был посвящен постер **А.В. Урысон** (ФИАН).

Второй день заседания секции "Галактики, космология" прошел под знаком ленинградской школы звездной динамики, на нем выступили представители Санкт-Петербургского государственного университета. Доктор физико-математических наук **Л.П. Осипков** поделился своими соображениями о дальнейшем развитии мо-



Доктор физико-математических наук А.В. Засов рассказывает о структуре дисков спиральных галактик.

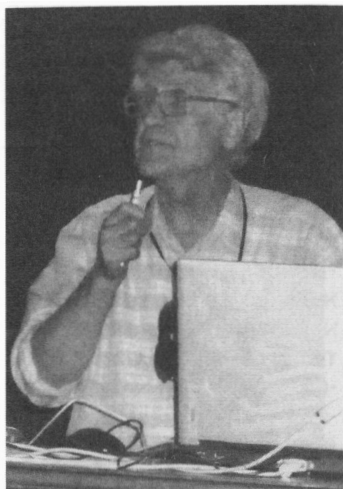
делирования эволюции галактик и звездных орбит в них. Возникающие проблемы мало кем до конца осознаются и пока не решены. Почему реальные потенциал и форму галактики нужно описывать именно таким, а не каким-либо другим математическим законом? Если формула не имеет физического обоснования, невозможно получить точные характеристики галактик. Тем не менее аналитические работы в области звездной динамики школы Л.П. Осипкова пока идут именно таким путем. Кандидат физико-математических наук **И.И. Никифоров** и доктор физико-математических наук **В.В. Орлов** изложили новые сведения о динамических процессах в цен-

тральных черных дырах в галактиках, в частности в центральной черной дыре нашей Галактики. Кандидат физико-математических наук **А.Ф. Холтыгин** говорил уже не о динамике Галактики, а о глобальном распределении химических элементов в Галактике и Магеллановых Облаках по наблюдениям планетарных туманностей.

О работах ГАИШ в области внегалактической астрономии рассказали доктор физико-математических наук **А.В. Засов** и кандидат физико-математических наук **А.С. Гусев**. Традиционно интересы ученых ГАИШ сосредоточены на истории звездообразования и структуре дисков спиральных галактик. А.В. Засов с соавторами анализировал особенности некоторых спиральных галактик с очень большими или слишком малыми отношениями массы к светимости, которые не являются следствием ошибочных измерений или неверной интерпретации данных. Возможное объяснение: какие-то иные начальные массы звезд в этих галактиках. Но поскольку прямые измерения точно определяют массы звезд, необходимо искать другое объяснение наблюдаемых аномалий отношения массы к светимости в таких галактиках. А.С. Гусев в своем выступлении рассмотрел одну из спиральных галактик, NGC 628 (M74), в созвездии Рыб и детально исследовал в ней области звездообразования. На большой статистике размеров и

светимостей областей звездообразования он продемонстрировал иерархическое строение звездных комплексов (по Ефремову – Эльмегрину): скопления–ассоциации–комплексы, и сопоставил ее с характерными масштабами турбулентности в межзвездной среде. Интересно его попытка связать распределение по радиусу областей звездообразования с положением резонансов спиральной структуры NGC 628, принадлежащей к типу grand-design (с регулярным узором рукавов) и потому, вероятно, являющейся волновой. Прямых наблюдательных доказательств волновой природы grand-design спиралей не так уж много, и работа А.С. Гусева может занять место в их ряду.

На секции “Солнце” (руководитель – доктор физико-математических наук **В.Н. Обридко**) заслушан 21 доклад и представлено пять постерных докладов. Особое внимание было уделено изучению структуры магнитного поля в различных активных образованиях. Так, в докладе доктора физико-математических наук **А.И. Подгорного** (ФИАН) продемонстрирован перспективный алгоритм МГД-моделирования образования нескольких токовых слоев для серии элементарных вспышек. Кандидат физи-



В.Н. Ишков посвятил свой доклад развитию 23-го цикла солнечной активности.

ко-математических наук **Н.А. Лотова** (ИЗМИРАН) изложила результаты многолетних исследований диагностики потоков солнечного ветра и их источников в солнечной короне путем анализа мерцаний внегалактических источников. Кандидаты физико-математических наук **А.А. Соловьёв** и **Е.А. Киричек** (ГАО РАН) рассказали о работах, в которых доказывалось, что солнечные пятна имеют небольшую глубину (около 10 тыс. км), это, по их мнению, подтверждено гелиосейсмологическими исследованиями. Ряд докладов был посвящен ана-

лизу циклической деятельности Солнца, поскольку 23-й цикл оказался чрезвычайно необычным. В частности, нарушено правило Гневыхева – Оля (парность циклов, когда последующий цикл сильнее предыдущего), о чем говорилось, в частности, в докладе **В.Н. Ишкова** из ИЗМИРАН. Возможное следствие этого правила – наличие слабых солнечных циклов при резком понижении активности Солнца (минимум Маундера). Интерес вызвал доклад кандидатов физико-математических наук **В.В. Пипина** (ИСЗФ, Иркутск) и **М.В. Рагульской** (ИЗМИРАН), в котором впервые была продемонстрирована строгая математическая модель изменений в динамике функционирования сердца человека при воздействии космо- и геофизических полей. Это подтверждает, что гелиобиологические исследования переходят на новый уровень моделирования и установления четких механизмов.

Конференция прошла успешно, к ее началу Оргкомитет выпустил тезисы докладов.

*В.М. ЧЕПУРОВА,
кандидат физико-математических наук,
ученый секретарь АстрО
(ГАИШ)*

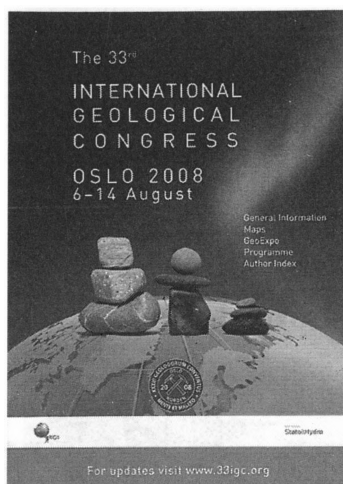
Фото Л.Н. Филипповой

33-й Международный геологический конгресс

6–14 августа 2008 г. в столице Норвегии Осло состоялся 33-й Международный геологический конгресс. С его проведением совпало, что 2008 г. был объявлен Организацией объединенных наций Годом планеты Земля, и поэтому глобальная тема стала для него главной. Первый в истории конгресс геологов Земли, на который приехали 310 ученых из 23 стран, открылся в 1878 г., во время Всемирной выставки в Париже. Ровно через 130 лет, на свой 33-й конгресс, в Осло собрались 6 тыс. исследователей нашей планеты, приехавшие из 113 стран мира. 33-й Международный геологический конгресс создан в Осло под патронажем ЮНЕСКО и Короля Норвегии Харальда V.

Северные страны горды тем, что 33-й конгресс геонаук создан в Осло. Это является признанием заслуг скандинавских ученых, и прежде всего норвежских, в области наук о Земле. Достаточно вспомнить таких всемирно известных норвежских полярных исследователей, как Ф. Нансен, Р. Амундсен, Х. Свердруп, геолога У. Холтедаля, геохимика В. Гольдшмидта, климатолога Т. Бержерона... Они внесли большой вклад в изучение Земли, ее геологии, климата, природы ее морей и океанов. В этих исследованиях приняли участие и русские ученые.

В своем послании к участникам Конгресса его Президент



Эмблема 33-го Международного геологического конгресса в г. Осло (Норвегия).

А. Бьерликке отметил: *“Начиная с Конгресса 1878 г., шел процесс возрастания специализации в этой группе наук, а теперь настало время для формирования целостного взгляда на планету Земля. И это – важнейшая тема открывающегося Конгресса”*. Именно взгляд на планету как единое целое прослеживается во многих докладах Конгресса, рассматривающих множество взаимосвязей между различными сторонами природного комплекса Земли. Особое внимание 33-й Конгресс обратил также на историю исследований в полярных областях Земли, в Арктике и Антарктиде, поскольку одновременно с ним проводились исследования Международного полярного года, третьего по счету.

Конгресс организован благодаря активной деятельности ряда Геологических обществ, университетов, институтов Норвегии, Финляндии, Швеции, Дании, Исландии. В дни его работы (5–14 августа) прошла грандиозная выставка “Геоэкспо-2008”. Оргкомитет отобрал бо-

лее 5 тыс. докладов, для прослушивания и обсуждения которых образовано около 100 симпозиумов. Важнейшие из них: *Арктика, Антарктика и биоплярные взаимоотношения, Африка, Две Америки, Азия, Меняющиеся климаты, Гляциология, Углекислый газ, Геофизические исследования недр Земли, Газогидраты, Геодинамика и движение плит, Геоэнергия, Геориски, Планетарные науки и импактные структуры, Медицинская геология, Сверхвысокие давления и метаморфизм, Хранение ядерных отходов...*

На Геологическом конгрессе определены семь важнейших “тем дня” в области наук о Земле:

- Ранняя жизнь, эволюция и биологическое разнообразие.

- Климатические изменения в прошлом, настоящем и будущем: насколько они антропогенны?

- Геориски. Может ли общество с ними справиться?

- Вода, человеческое здоровье и окружающая среда.

- Минеральные ресурсы в быстро растущей глобальной экономике. Существуют ли этому росту естественные пределы?

- Энергетическая гонка.



Король Норвегии Харальд V, под патронажем которого проходил Конгресс в Осло.



Здание в Осло, в котором проходил в августе 2008 г. 33-й Международный геологический конгресс.

– Земля и вне Земли – космическая перспектива.

По этим темам на пленарных заседаниях прочитаны до-

клады ведущими учеными из Великобритании, Швейцарии, Австралии, Франции и США.



На выставке "Геоэкспо-2008", посвященной 33-му Международному геологическому конгрессу в Осло. Август 2008 г.

В Конгрессе участвовала большая группа ученых – представители из России и стран ближнего зарубежья во главе с вице-президентом РАН академиком И.П. Лавёровым! Большой интерес вызвали, в частности, доклады российских участников Конгресса об исследованиях в Антарктиде, в нефтегазовых регионах Западной Сибири и алмазонасыщенных – в Восточной Сибири, в области распространения древних (докембрийских) горных пород Кольского полуострова, о совместных российско-норвежских работах в Северной Атлантике, о применении сейсмических методов в изучении строения земной коры. С вниманием были прослушаны доклады российских ученых о малоизвестных на Западе исследованиях русских геологов: академика Петербургской академии наук Г.П. Гельмерсена в Норвегии и Швеции, безвременно погибшего в Арктике В.А. Русанова – на Новой Земле и Шпицбергене, а также энтузиаста изучения Севера сибирского промышленника М.С. Сидорова, организовавшего ряд экспедиций во льдах морей, омывающих берега сибирского побережья.

Президентом Международного геологического союза избран профессор Эд де Мелдер (Нидерланды). Во время проведения Конгресса для его участников и гостей были организованы экскурсии по норвежским фьордам, к ледникам Норвегии и Гренландии.

Следующий Геологический конгресс намечено провести в августе 2012 г. в Австралии, в г. Брисбейне. Для него по предложению делегатов из Флоренции выбран девиз "Ренессанс в геологии".

В.А. МАРКИН
Фото Т.К. Ивановой

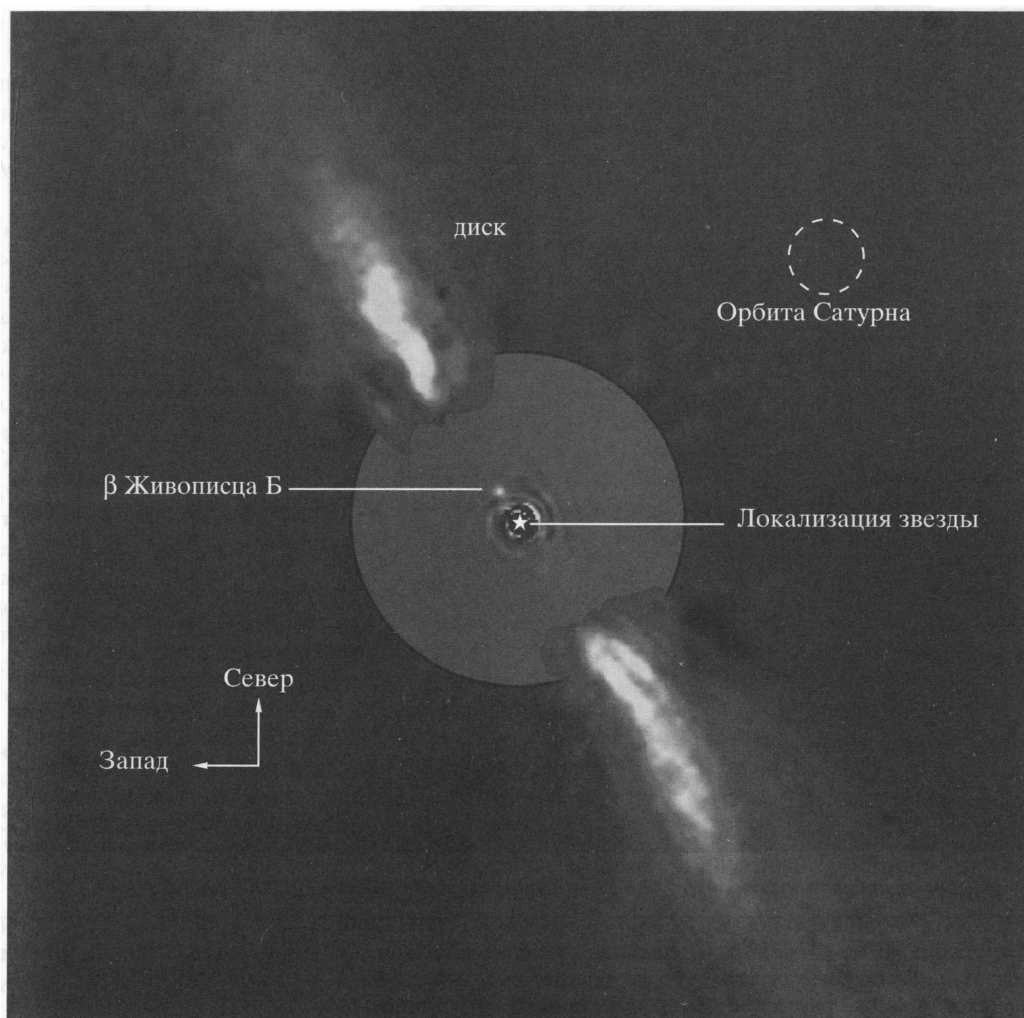
Экзопланета у β Живописца

В начале 1980-х гг. молодая звезда β Живописца (двойная звезда 5.6^m и 6.4^m), удаленная от нас на расстояние 63 св. года, стала центром внимания астро-

номов. В 1984 г. с помощью космических и наземных обсерваторий впервые вне Солнечной системы вокруг этой звезды был обнаружен пылевой диск радиусом около 1.5 тыс. а.е. с внутренней пустой зоной размером с нашу систему. Это было одно из первых указаний на существование планетных систем у других звезд.

В последние несколько лет французские астрономы под руководством Энн-Мэри Лагранж исследовали систему

β Живописца в ИК-диапазоне на телескопах Европейской Южной Обсерватории. Несколькими методами в результате кропотливых поисков ученые смогли различить в пустой зоне на расстоянии 0.44'' от звезды слабый источник, яркость которого в тысячу раз меньше звезды. Источник получил обозначение β Живописца Б. Это гигантская экзопланета массой 8 $M_{Юп}$, обращающаяся вокруг звезды в плоскости пылевого диска на расстоянии радиуса орбиты Са-



Система β Живописца, находящаяся в 63 св. лет от Солнца. В центре – двойная звезда β Живописца, закрытая круглым экраном для уменьшения яркости, выше – экзопланета β Живописца Б, расположенная в 8 а.е. от звезды (для сравнения справа дана орбита Сатурна). С обеих сторон экрана протянулись части пылевого диска, окружающего звезду. 2008 г. Фото ESO.

турна. Другой компаньон находится очень близко к звезде β Живописца – в 5–10 раз ближе, чем Земля к Солнцу. Прямые наблюдения системы β Живописца показали, что произошла деформация пылевого

диска, а второй диск вращается под углом 4–5° к основному. Замечены кандидаты в экзопланеты и падение комет на эту звезду. Если дополнительные наблюдения подтвердят, что оба кандидата – действительно

экзопланеты, то появится пример молодой планетной системы, возникающей на наших глазах из пылевого диска.

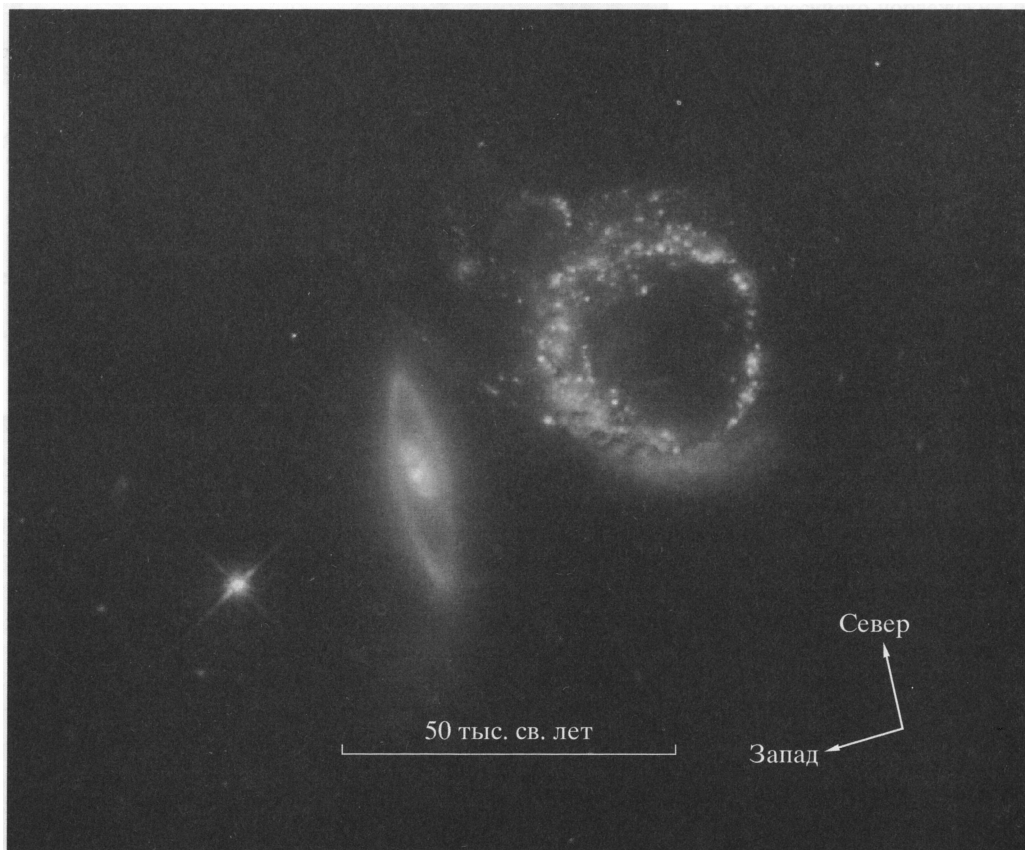
*Пресс-релиз ESO,
21 ноября 2008 г.*

Взаимодействующие галактики в Ките

С помощью КТХ получены изображения пары взаимодействующих (точнее, сталкиваю-

функционировал некоторое время в 2008 г. из-за проблем с управлением. Галактика, напо-

ния галактик ядро кольцевой галактики сместилось от центра к периферии. Исследова-



Взаимодействующие галактики Агр 147 в Ките. Снимок сделан 28 октября 2008 г. КТХ. NASA.

щихся) галактик Агр 147 (IC 298) в созвездии Кита. Эти галактики находятся на расстоянии 400 млн. св. лет от Солнца. Снимки сделаны спустя несколько дней после возобновления работы КТХ, который не

минающая по форме кольцо, – более массивная, в ней, по-видимому, происходит интенсивное звездообразование. Ее “пронизывает” менее массивная галактика. По мнению специалистов, в результате столкнове-

ние процессов взаимодействия этих галактик продолжается.

*Пресс-релиз КТХ,
30 октября 2008 г.*

Пособие по астрономии

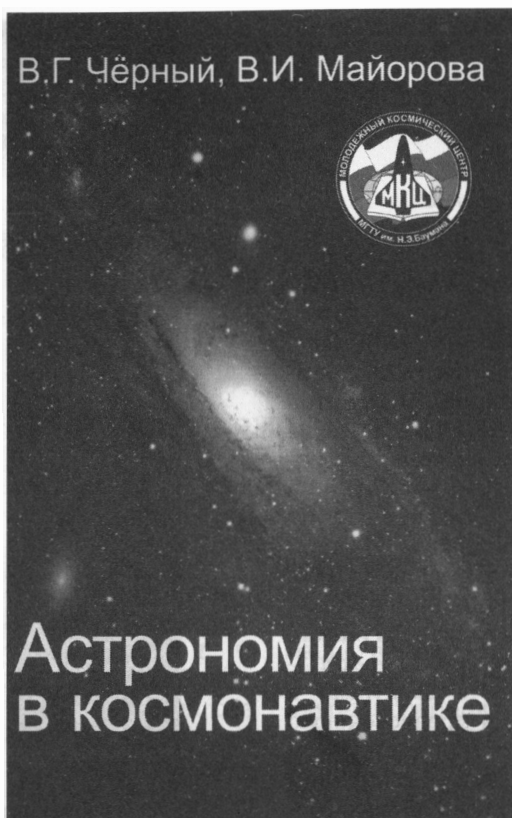
Недавно вышла книга В.Г. Чёрного и В.И. Майоровой **“Астрономия в космонавтике”** (М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008), в которой в сжатой форме изложены основные понятия и сведения современной астрономии. Содержание книги соответствует курсу лекций, который авторы читают для слушателей Молодежного космического центра в МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В книге 10 глав. Первая, *“Небесная сфера и исчисление времени”*, объясняет, как определять координаты звезд и расстояния до них. Во второй, *“Звездное небо”*, рассказывается о расположении созвездий на небесной сфере. В третьей, *“Познание мира”*, дан исторический очерк о развитии астрономических знаний. Четвертая, *“Солнечная система”*, содержит характеристики планет и малых тел. В пятой, *“Солнце и звезды”*, изложены природа, эволюция и характеристики нашего светила и других звезд, проблемы солнечно-земных связей, модели строения разных типов звезд. Шестая, *“Галактика Млечный Путь”*, посвящена структуре и эволюции нашей Галактики и звезд различной массы. В седьмой, *“Элементы внегалактической астро-*

мии”, описываются типы галактик и скоплений галактик. Восьмая, *“Большая Вселенная”*, знакомит читателей с моделью образования Вселенной и ее размерами. В девятой, *“Жизнь во Вселенной”*, говорится о вероятности возникновения жизни во Вселенной. В десятой, *“Космический полет к звездам. Энергетические и временные аспекты”*, обсуждается проблема достижения других звезд с помощью будущих звездолетов. В конце книги 14 приложений: *Астрономические символы и обозначения, астрономические постоянные, на-*

звания и обозначения созвездий, характеристики ярчайших звезд, имена звезд, элементы орбит и физические характеристики планет Солнечной системы, ближайшие звезды, яркие галактические рассеянные скопления, шаровые звездные скопления, яркие планетарные и диффузные туманности, население Местной группы галактик, яркие галактики.

Книга предназначена для школьников старших классов, студентов, учителей и преподавателей, связанных с изучением астрономии и космонавтики.



“Книга о Луне”

Так называется очередное произведение С.И. Дубковой (М.: Белый город, 2008). Книга вышла в серии “Энциклопедия тайн и загадок Вселенной”. Часть этой серии, “Фамильные тайны Солнечной системы”, включает три тома – “Солнце в интерьере Галактики”, “Чуждесное семейство планет” (Земля и Вселенная, 2006, № 1, с. 93) и “Книга о Луне”.

Первая глава – “Луна как астрономический объект” – начинается с экскурсии в древнюю и средневековую историю астрономии, затем рассказывается о лунном календаре и затмениях, особенностях движения Луны и приливах.

Вторая глава – “Под лунным небом” – знакомит читателя с миром Луны и ее внутренним строением, позволяет наглядно сравнить Луну со спутниками других планет, а также получить представление о некоторых гипотезах происхождения Луны.

Третья глава – “Фантастические полеты в космос и на Луну” – начинается с рассказа об извечной мечте людей полететь в кос-

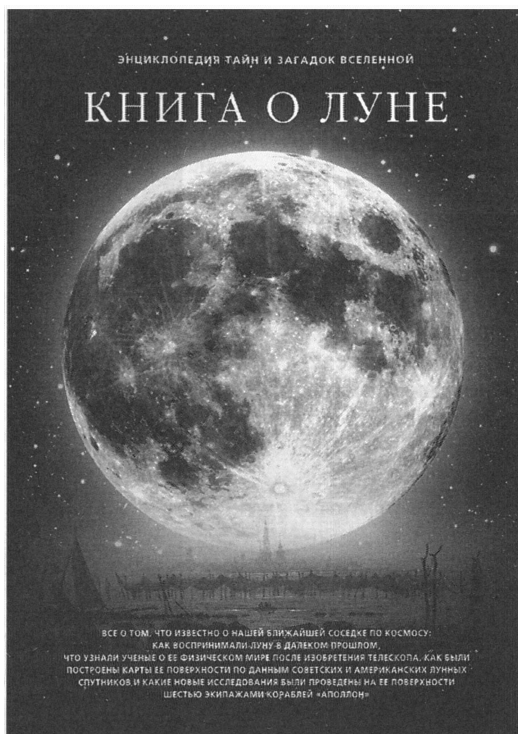
мос. Далее следует подборка отрывков из “фантазийных произведений” И. Кеплера, К. Фламариона и Ж. Верна.

Глава четвертая – “Пионеры лунных дорог” – открывается разделом “Российский рывок в космос”, за которым следует рассказ о проекте “Аполлон” (предыстория и лунные экспедиции). Эту главу и книгу вообще завершает раздел “Колонизация Луны”, в котором говорится о планах предстоящего освоения естественного спутника нашей планеты.

Как и ранее изданные книги-альбомы С.И. Дубковой, ее новая книга богато иллюстрирована многочисленными фотографиями, репродукциями различных картин, портретами, коллажами, схемами и т.д.

Книга о Луне будет полезна начинающим любителям астрономии и привлечет к себе внимание всех тех, кто не равнодушен к астрономии и космонавтике.

Е.П. ЛЕВИТАН



Полеты межпланетных станций и научных спутников

I. Автоматические межпланетные станции*

1. **“Вояджер-1 и -2”** (**“Voyager-1/2”**, США). АМС запущены 5 сентября и 20 августа 1977 г. (Земля и Вселенная, 1978, № 2). В августе 2007 г. “Вояджер-2” достиг внутренней гелиосферы – ударной волны в направлении потока межзвездной среды на расстоянии примерно 90 а.е. В декабре 2004 г. ее преодолел и “Вояджер-1” (Земля и Вселенная, 2005, № 4). На “Вояджере-1” уже не работают приборы для измерения скорости, плотности и температуры солнечного ветра, исследования продолжается “Вояджер-2”, на котором еще функционируют приборы для измерения параметров плазмы. Обе станции удаляются от Солнца; “Вояджер-1” со скоростью 17.09 км/с и “Вояджер-2” – 15.52 км/с, передавая информацию о характеристиках гелиосферы. К апрелю 2009 г. “Вояджер-1” находился от Земли на расстоянии 16.094 млрд. км (107.58 а.е.), “Вояджер-2” – 12.943 млрд. км (86.52 а.е.).

Связь с ними предполагают поддерживать до 2020 г.

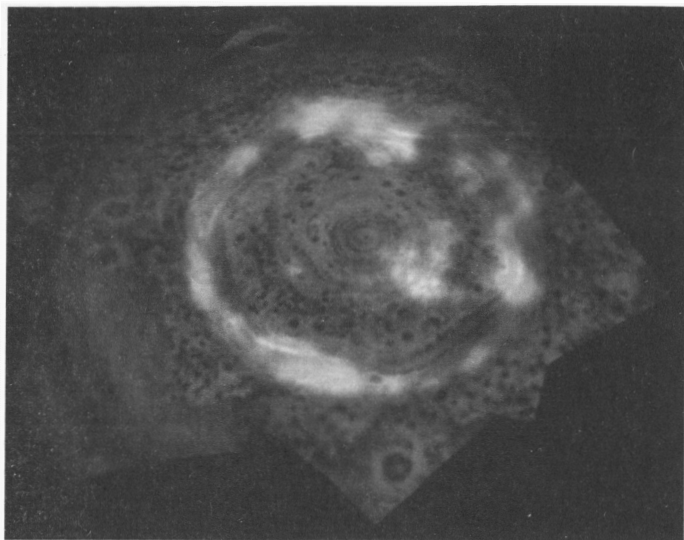
2. **“Улисс”** (**“Ulysses”**, ESA – NASA). АМС запущена 6 октября 1990 г. С 30 ноября 2007 г. по 15 марта 2008 г. она третий раз пролетела над северным полюсом Солнца (первый – в 1994–1995 гг., второй – в 2000–2001 гг.). Параметры гелиоцентрической орбиты “Улисса”: расстояние от Солнца – 1.39 x 5.41 а.е., наклонение – 79.21°, период обращения – 6.3 года. 12 января 2008 г. станция пролетела на минимальном расстоянии (198 млн. км) от северного полюса Солнца. “Улисс” удалось исследовать Солнце в самом начале 24-го цикла солнечной активности. Радиоизотопный источник энергии станции уже не вырабатывает необходимого электричества для одновременной работы всех девяти научных приборов, к тому же в январе 2008 г. перестал работать основной радиопередатчик, с его

помощью на Землю отправляли большой объем информации. Поэтому стали включать только некоторые приборы, а информацию передавать малыми порциями, используя другой радиопередатчик.

В июле 2009 г. АМС завершит третий виток на полярной орбите, перпендикулярной плоскости эклиптики. Летом 2008 г. NASA объявило об окончании миссии, но АМС “Улисс” продолжала работу. Время функционирования “Улисса” превысило запланированное более чем в три раза.

3. **“Кассини-Гюйгенс”** (**“Cassini-Huygens”**, NASA – ESA). АМС запущена 15 октября 1997 г. 1 июля 2004 г. она вышла на орбиту искусственного спутника Сатурна. Параметры орбиты этой АМС в 2008 г.: апоцентр – 1.19–1.8 млн. км, перицентр – 160–348 тыс. км, период обращения – 8–17 сут. К апрелю 2009 г. АМС совершила 107 оборотов вокруг Сатурна. По плану она должна была

* Продолжение. Начало см.: 1995, № 5; 1996, № 3; 1997, № 4; 1998, № 3; 1999, № 3; 2000, № 4; 2001, № 5; 2003, № 1; 2004, №№ 1, 3; 2005, № 2; 2006, № 3; 2007, № 5; 2008, №№ 1, 5.



Полярные сияния в атмосфере Сатурна, охватившие почти весь его северный полюс. Сияния выглядят как светлые пятна, а лежащие под ними облака – как темные. Под сияниями заметно ранее обнаруженное шестиугольное облако (Земля и Вселенная, 2007, № 4, с. 91). Снимок сделан 15 июня 2008 г. АМС "Кассини" в ИК-диапазоне с расстояния 602 тыс. км. JPL, NASA.

выполнить 74 оборота и 30 июня 2008 г. завершить программу исследования системы Сатурна. Работу станции продлили до июля 2010 г., к этому времени "Кассини" сделает 134 витка.

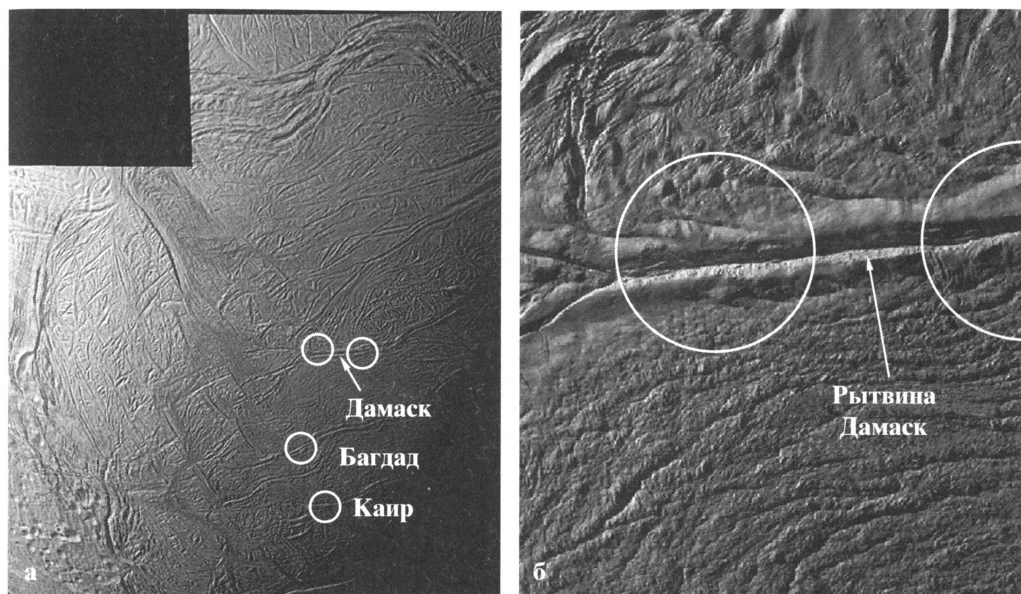
В январе-сентябре 2008 г. (55–87-й витки) АМС "Кассини" исследовала полярные области планеты, ее кольца и магнитосферу, Титан (40–49-й облеты на расстоянии 900–1613 км) и другие спутники Сатурна. 15 июня 2008 г. АМС сфотографировала полярные сияния около северного полюса Сатурна (73°) в ИК-диапазоне с расстояния 602 тыс. км. Таких мощных сияний еще не наблюдалось в Солнечной системе. 14 октября 2008 г. в приполярной области образовался гигантский вихрь, в котором газ двигался со скоростью 530 км/ч. На новых снимках южной полярной области Титана видна береговая линия озера. Онтарио площадью 20 тыс. км² с шельфом, свидетельст-

вующим о возможном испарении озера. Анализ фотографий облаков у полюсов Титана, состоящих из этана, метана и других органических соединений, показал, что облака образуются при испарении в процессе криовулканизма. Это подтвердили ранее полученные данные о круговороте углеводородов на Титане (Земля и Вселенная, 2007, № 4, с. 23). 12 марта, 11 августа, 9 и 31 октября 2008 г. станция пролетала вблизи Энцелада на расстоянии 23–197 км. Снимки разрешением до 14 м выявили на Энцеладе (диаметр 494 км) много трещин и "тигровых" полос. Его поверхность из почти чистого водяного льда отражает 99% падающего света, она довольно гладкая, с небольшим количеством кратеров, что указывает на геологическую активность. В южной полярной области Энцелада обнаружены пять аномально-теплых районов в "тигровых" поло-

сах глубиной около 300 м, уточнено местоположение восьми гейзеров, бьющих до высоты 200 км (Земля и Вселенная, 2007, № 4, с. 83; № 5, с. 34). Ритвины Александрия, Багдад, Дамаск и Каир протянулись на 130 км. Тепло идет из системы параллельных тектонических разломов, где температура поднимается до –53°. Выяснилось, что в веществе, выбрасываемом гейзерами, есть водяной пар, осколки льда и сложные органические соединения!

В 2009 г. ожидаются 50–64-й облеты Титана, в ноябре – два пролета около Энцелада на расстоянии до 100 км, а также будет продолжено изучение колец Сатурна и ряда спутников.

4. "Марс Одиссей" ("Mars Odyssey", США). АМС запущена 7 апреля 2001 г., вышла на орбиту искусственного спутника Марса 24 октября 2001 г. В течение 6.5 года станция проводила картографирование поверхности Марса, собирала данные о климате, геологии и минералогии, радиационной обстановке. Созданы карты элементного состава поверх-



Область у южного полюса Энцелада: а) "тигровые" полосы – рытвины Багдад, Дамаск и Каир, протянувшиеся на 130 км, здесь бьют водяные фонтаны (обозначены кружками) и выходит тепло; б) фрагмент рытвины Дамаск (разрешение 33 м), кружками указаны гейзеры. Снимок сделан 31 октября 2008 г. АМС "Кассини" с расстояния 5568 км от Энцелада. JPL, NASA.

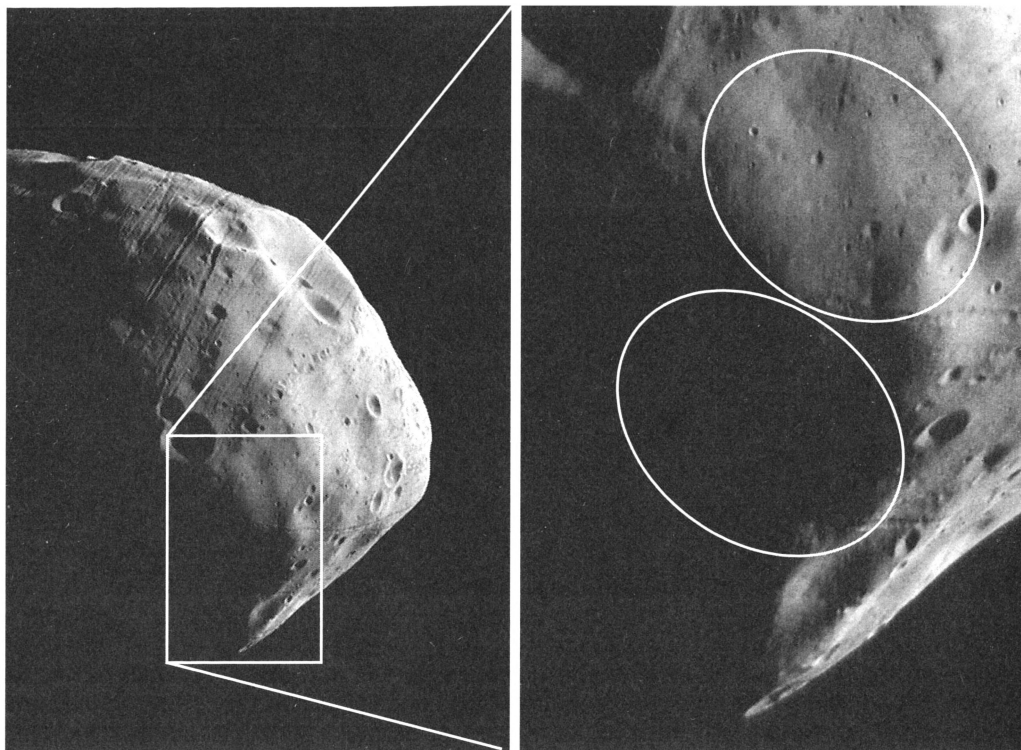
ности и глобальная карта распределения полезных ископаемых, на которые воздействовала вода. Например, на картах отложений хлоридсодержащих минералов в южном полушарии Марса обнаружено около 200 участков со следами воздействия солей. Вероятно, в этих местах на поверхность выходили грунтовые воды, испарявшиеся в течение долгого времени и оставившие отложения хлоридов (Земля и Вселенная, 2004, № 4, с. 110). В ноябре 2008 г. с помощью спектрографа гамма-диапазона получены новые доказательства существования в прошлом огромного океана на Марсе (Земля и Вселенная, 2000, № 6, с. 86). Данные о распределении изотопов кальция, тория и железа свиде-

тельствуют о том, что сначала океан покрывал около трети поверхности Марса, затем он постепенно высыхал. Некоторые карты поверхности Марса содержат информацию об особенностях ландшафтов, которые могли образоваться в результате воздействия льда. Вблизи обоих полюсов Марса наблюдаются обширные бугристые равнины, возникшие при сжатии и расширении слоя вечной мерзлоты. Между 30-й и 60-й параллелями обоих полушарий поверхность покрыта отложениями пыли, которые когда-то содержали много льда. Ближе к экватору около вулканов замечены следы обширных ледников, почти таких же по размерам, как на Земле. На склонах горы Арсия видны

провалы и входы в пещеры глубиной до 130 м. Предполагают, что эти пустоты остались от вулканических трубок и появились при обрушении их стенок (Земля и Вселенная, 2008, № 1, с. 44).

В настоящее время параметры орбиты АМС таковы: высота – 385×392 км, наклонение – 92.9° ; период обращения – 117 мин. Станция ретранслирует на Землю информацию от марсоходов "Спирит" и "Оппортьюнити", а ранее – от спускаемого аппарата АМС "Феникс". К началу 2009 г. станция выполнила основную и дополнительные программы, работа продлена до конца 2010 г.

5. "Хаябуса" ("Hayabusa", или "Muses-C", Япония). АМС запущена 9 мая 2003 г. После иссле-



Южная часть Фобоса ($7\text{--}21^\circ$ ю.ш. и $214\text{--}233^\circ$ з.д.), во врезке – возможные места посадки российской АМС “Фобос-Грунт”. Снимок сделан 23 июля 2008 г. стереокамерой HRSC АМС “Марс Экспресс” (5851-й виток, разрешение – 3.7 м) с расстояния 93 км от Фобоса. NASA, ESA, Университет Аризоны.

дований астероида Итокава в декабре 2005 г. (Земля и Вселенная, 2006, № 1, с. 76) из-за потери связи станция отправилась к Земле 25 апреля 2007 г. (должна была возвратиться в июне 2007 г.). Сейчас она делает дополнительный виток на гелиоцентрической орбите. В случае успешного развития событий капсула АМС с образцами вещества астероида Итокава приземлится в Австралии только 10 июня 2010 г.

6. “Марс Экспресс” (“Mars Express”, ESA). АМС стартовала 2 июня 2003 г., а 25 декабря того

же года вышла на орбиту искусственного спутника Марса (высота – 259×11560 км, наклонение – 86.6° , период обращения – 7.5 ч) и в конце января 2004 г. начала изучать планету. Продолжаются глобальное картографирование Марса, метеорологические, геологические и геохимические исследования. За 2.5 марсианских года работы станции накоплено достаточно сведений, чтобы судить о круговороте воды на планете (Земля и Вселенная, 2008, № 4). Марс оказался намного суше, чем считалось ранее. Установлено, что количе-

ство воды в марсианской атмосфере варьируется от года к году и зависит от сезона и района поверхности. С конца 1970-х гг., когда исследования проводили “Викинги”, почти в два раза уменьшилось количество водяного пара в атмосфере над северным полюсом Марса. Длительные наблюдения марсианского климата, выполненные АМС “Марс Экспресс”, показали, что он очень динамичный, в его изменении большую роль играет гидрологический цикл. Лед стабильно и постоянно находится под поверхностью выше 50° широты (Земля и Вселен-

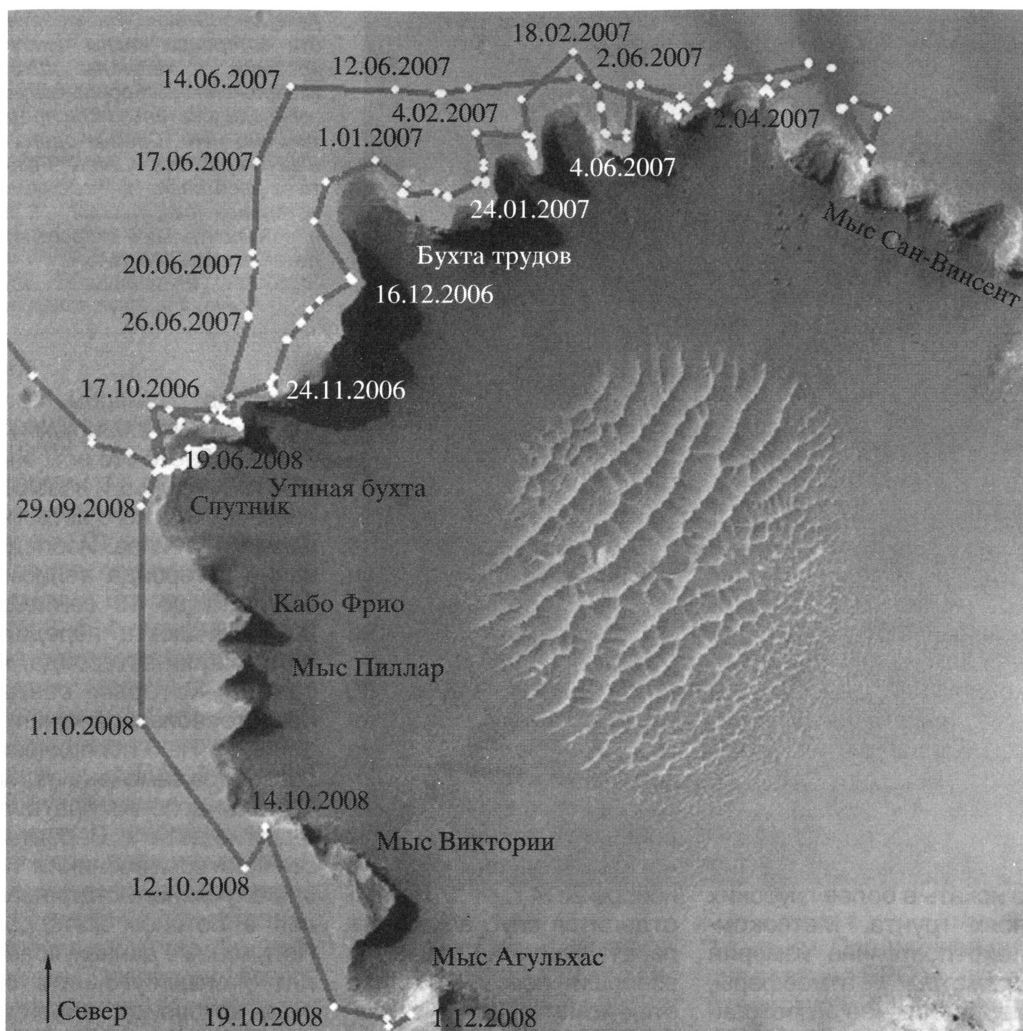


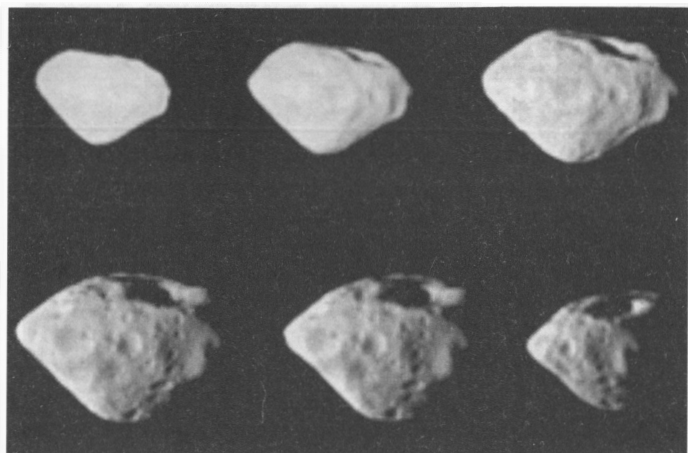
Схема перемещения марсохода "Оппортьюнити" в районе кратера Виктория. Октябрь 2006 г. – декабрь 2008 г. Рисунок и фото JPL, NASA.

ная, 2007, № 4, с. 71). В июле–сентябре 2008 г. станция восемь раз пролетала около Фобоса. Были изучены химический состав и структура поверхности, внутреннее строение Фобоса, с помощью стереокамеры получены снимки высокого разрешения, в том числе новых областей поверхности. Фотографии позволили выбрать в

южной области Фобоса место посадки в 2011 г. российской АМС "Фобос-Грунт". Программа работы АМС продлена до 31 мая 2009 г.

7. "МЭР-1 и -2" ("MER-1/2", США). Марсоходы запущены 10 июня и 25 июня 2003 г.; 4 января "Спирит" ("Spirit") и 25 января 2004 г. "Оппортьюнити" ("Opportunity") совершили мягкую по-

садку на Марс. Рассчитанные на 90 сут функционирования, оба марсохода работают на поверхности Марса уже более 5 лет! С сентября 2006 г. "Оппортьюнити" исследует кратер Виктория (диаметр 730 м и глубина 70 м), находящийся в районе северного полушария. Марсоход дважды спускался в кратер, несмотря на поломку одно-



Астероид Штейнс. На поверхности астероида видны цепочка кратеров и провалы. Шесть изображений астероида получены последовательно при пролете мимо него. Снимки сделаны 5 сентября 2008 г. АМС "Розетта" с расстояния 1–2 тыс. км от астероида (разрешение – 5 км) при относительной скорости полета 8.6 км/с. JPL, NASA.

го из колес. Изучались структура и залегание пород, выполнена стереосъемка, сфотографированы скалы и ложбины. В минералах найдены сульфаты натрия, это показывает, что миллиарды лет назад вода была чрезвычайно соленой и в ней вряд ли могли существовать микроорганизмы. Их следы надо искать в более глубоких слоях грунта. Метеокомплекс постоянно измерял параметры атмосферы, определял ее прозрачность. В 2007 г. "Оппортюнити" прошел около 2 км, за весну – лето 2008 г. – более 1 км. За пять лет (к началу 2009 г.) он преодолел около 13.6 км. Марсоход "Спирит" продолжал исследования в южном полушарии в районе холмов Колумбии в кратере Гусев (Земля и Вселенная, 2004, № 3, с. 22–28). В 2007 г. "Спирит" проводил панорамную съемку местности, изучал камни и грунт, он преодолел всего 650 м. С 11 марта по 14 ноября 2008 г. марсоход включался ненадолго, находясь на

зимней стоянке, за пять лет в общей сложности он прошел более 7.5 км. Работа марсоходов продлена до октября 2009 г.

8. "Розетта" ("Rosetta", ESA). АМС запущена 2 марта 2004 г. Продолжается ее полет к комете 67P/ Чурюмова – Герасименко, исследования которой должны начаться в январе 2014 г. В ноябре 2014 г. от "Розетты" отделится спускаемый аппарат "Филай" ("Philae") и совершит посадку на ядро этой кометы (Земля и Вселенная, 2004, № 4). "Розетта" уже прошла путь в 4.5 млрд. км, двигаясь по гелиоцентрической орбите: расстояние от Солнца – 2.43×3.41 а.е., наклонение – 1.5° , период обращения – 2.12 года.

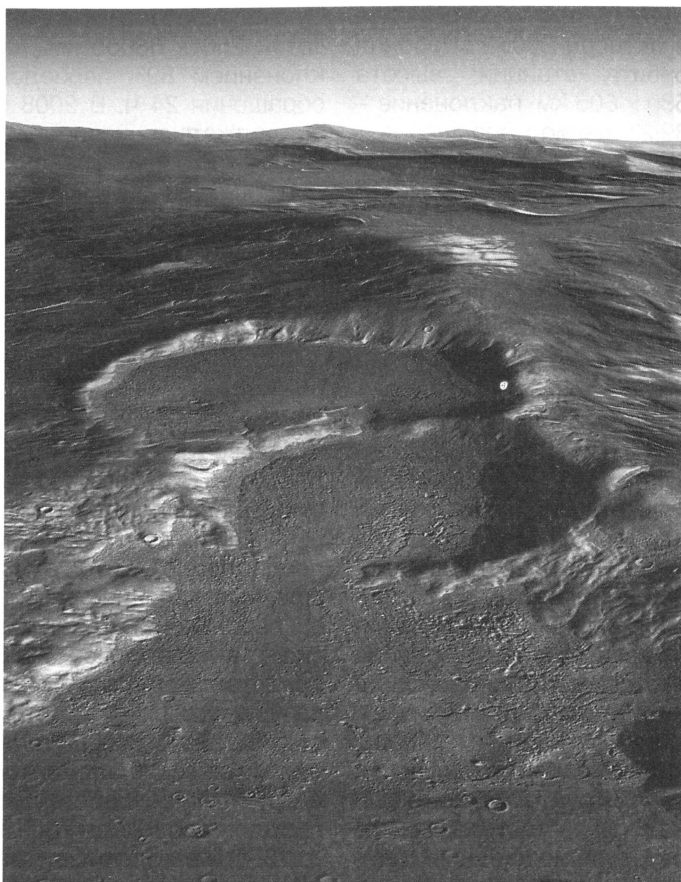
5 сентября 2008 г. АМС пролетела со скоростью 8.6 км/с на минимальном расстоянии 800 км от астероида 2867 Штейнс (Steins), принадлежащего Главному поясу, параметры его орбиты: афелий – 2.7 а.е, перигелий – 2.018 а.е., эксцентриситет – 0.146, период обращения – 3.63 года.

Астероид размером 4.6×5.9 км был обнаружен в 1969 г. советским астрономом Н.С. Черных и назван в честь латышского астронома К.А. Штейнса. Исследования астероида велись с 4 августа до 10 сентября 2008 г. "Розетта" передала фотографии астероида, на основе которых созданы стереоизображения и фильм. На поверхности астероида замечена вертикальная цепочка кратеров и другие детали. Вероятно, эти кратеры возникли после случайного столкновения с потоком метеоров. Полученные данные позволят ученым уточнить состав астероида и узнать его происхождение. 13 ноября 2009 г. будет проведен третий из пяти планируемых гравитационных маневров "Розетты", она сблизится с Землей на расстоянии 970 км. 10 июля 2010 г. станция пролетит в 3 тыс. км от астероида 21 Лютеция (Lutetia) диаметром 100 км, открытого в 1852 г. в Парижской обсерватории.

9. "Мессенджер" ("Messenger", США). АМС запущена 3 августа 2004 г. За время полета к Меркурию ей предстоит выполнить 15 витков вокруг Солнца,

Восточная часть древней вулканической равнины Эллада на Марсе, лежащей к югу от долины Маринера. Борозды и горные хребты этой области деформированы льдами. Реконструкция изображения (20 x 50 км) трех кратеров, в них на глубине 250–450 м обнаружен лед. Снимок сделан 20 ноября 2008 г. камерой HiRISE и радаром SHARAD АМС “Марсианский орбитальный разведчик”. JPL, NASA.

прежде чем выйти 18 марта 2011 г. на орбиту вокруг планеты. 14 января 2008 г. станция первый раз пролетела в 201 км от Меркурия, передав снимки и данные (Земля и Вселенная, 2008, №№ 3, 4). 6 октября 2008 г. она второй раз пролетела вблизи Меркурия на расстоянии 199.4 км. С помощью камеры высокого разрешения MDIS получено 1200 изображений новых областей поверхности восточного полушария Меркурия, включая примерно 30% ранее не сфотографированных (см. стр. 1 и 2 обложки). Проведена лазерная съемка рельефа поверхности с помощью высотомера MLA, исследовались магнитосфера в области экватора и структура магнитного поля, измерялись параметры плазмы в экзосфере. 4 декабря 2008 г. АМС выполнила четвертый маневр. Станция преодолела 5.4 млрд. км и продолжает лететь по гелиоцентрической орбите: афелий – 0.507 а.е., перигелий – 0.386 а.е., наклонение – 6.88°, период обращения – 152.6 сут. Третий пролет – в 200 км от Меркурия – состоится 29 сентября 2009 г.



10. “Дип Импакт” (“Deep Impact”, США). АМС запущена 12 января 2005 г. После исследования 4 июля 2005 г. кометы 9P/Tempel 1 (Земля и Вселенная, 2005, № 6, с. 101–102) станция сохранила работоспособность, поэтому программу расширили. NASA приняло решение направить АМС к комете 103P/Хартли 2 (Hartley), ее размер около 1600 м, она обращается вокруг Солнца с периодом 6.41 года. После маневров около Земли 30 декабря 2008 г. и 29 декабря 2009 г. станция 11 октября 2010 г. должна сблизиться с ядром кометы Хартли 2 на расстояние

1 тыс. км. Продленная миссия названа EPOXI – от аббревиатур EPOCh (Extrasolar Planet Observation and Characterization – наблюдение экзопланет и изучение их характеристик) и DIEI (Deep Impact Extended Investigation – расширенные исследования с помощью АМС “Дип Импакт”): изучение кометы и получение данных об экзопланетах с помощью видеоаппаратуры, установленной на борту станции.

11. “Марсианский орбитальный разведчик” (“Mars Reconnaissance Orbiter”, США). АМС стартовала 12 августа 2005 г., вышла на орбиту искус-

ственного спутника Марса в октябре 2006 г. Рабочая орбита станции: высота 580×605 км, наклонение — 89.2° , период обращения — 125 мин. С помощью радара получены данные о строении льда, рельефе отложений песка и пыли, образующих Северную полярную шапку. Возраст этой шапки оценивается в 4 млн. лет. Радар “просвечивает” внутреннюю структуру на глубину до 1 км. Слои льда и пыли позволяют судить об изменении климата на протяжении примерно 1 млн. лет в результате колебаний наклона оси планеты. На радиолокационных изображениях зафиксирована граница постоянной полярной шапки и коры Марса. Ближе к экватору найдены залежи водяного льда в глубоких слоях грунта. С помощью камеры ультравысокого разрешения сделаны снимки Киммерийской Земли, испещренной кратерами на возвышенности в южном полушарии. Здесь найдены осадочные породы с очень старыми минералам. Они убеждают в том, что эти отложения сформировались в результате высыхания жидкости, поэтому в прошлом на Марсе были неплохие условия для длительного существования воды. Программа исследований рассчитана до 2011 г.

12. “Венера Экспресс” (“Venus Express”, ESA). АМС запущена 9 ноября 2005 г., вышла на орбиту искусственного спутника Венеры 16 апреля 2006 г. После нескольких маневров она 7 мая 2006 г. пере-

шла на рабочую орбиту высотой 250×66000 км, наклонением 89° , периодом обращения 24 ч. В 2008 г. продолжались исследования атмосферы в районах полюсов Венеры. На высоте 96 км в слое облаков толщиной около 10 км обнаружен гидроксил ОН, активно участвующий в химических реакциях. Количество гидроксила в атмосфере постоянно изменяется: он образуется в 5–6 раз быстрее, чем предполагалось. В атмосфере наблюдались сложные и бурные процессы. Ученые предполагают, что атмосферные явления связаны с вероятной вулканической активностью. АМС предстоит измерить температуру поверхности и составить карты распределения химических элементов в грунте. Работа станции продлена до 31 мая 2009 г.

13. “Новые горизонты” (“New Horizons”, США). АМС стартовала 19 января 2006 г. После пертурбационного маневра у Юпитера 28 февраля 2007 г. станция продолжает полет к главной цели — Плутону, вблизи которого она должна пролететь 14 июля 2015 г. Предполагается сфотографировать (разрешение — 40 км) оба полушария этой карликовой планеты и ее спутники. Исследования системы Плутона продлятся до 2016 г. В 2017–2020 гг. станция будет изучать другие объекты пояса Койпера. В июне 2008 г. она пересекла орбиту Сатурна, регистрируя заряженные частицы и межпланетную пыль. До 2015 г. станция будет находиться

в “спящем” режиме и время от времени “пробуждаться” для проверки работы систем и приборов. В апреле 2009 г. АМС удалилась от Земли на 13.44 а.е. (более 2 млрд. км), со скоростью 18.94 км/с она преодолевает расстояние примерно 5 а.е. в год.

14. “Феникс” (“Phoenix”, США). АМС стартовала 4 августа 2007 г. Спускаемый аппарат АМС массой 350 кг (включая массу научной аппаратуры — 59 кг) совершил посадку 25 мая 2008 г. в районе Великой Северной равнины к северу от вулкана Альба вблизи полюса Марса ($68^\circ 13'$ с.ш. и $125^\circ 45'$ з.д.; Земля и Вселенная, 2008, № 5). Исследования были рассчитаны на три месяца, однако “Феникс” работал более пяти. 2 ноября 2008 г. связь с ним прекратилась. С приходом зимы стало недостаточно света, питающего солнечные батареи, кроме того, пылевая буря окончательно заслонила “Феникс” от Солнца. “Феникс” успел передать на Землю 25 тыс. снимков высокого разрешения, панорамы поверхности и результаты изучения под микроскопом мельчайших частиц пыли. Очень важным оказалось исследование льда, который был обнаружен всего в нескольких сантиметрах под поверхностным слоем грунта. С помощью камер, установленных на аппарате, ученые даже увидели, как этот лед испаряется (Земля и Вселенная, 2008, №6; 2009, № 1).

15. “Кагуя” (“Kaguya”, Япония). АМС запущена к Луне 14 сентября 2007 г.



Поверхность Марса около посадочного аппарата АМС "Феникс". Снимок сделан в начале июня 2008 г. JPL, NASA.

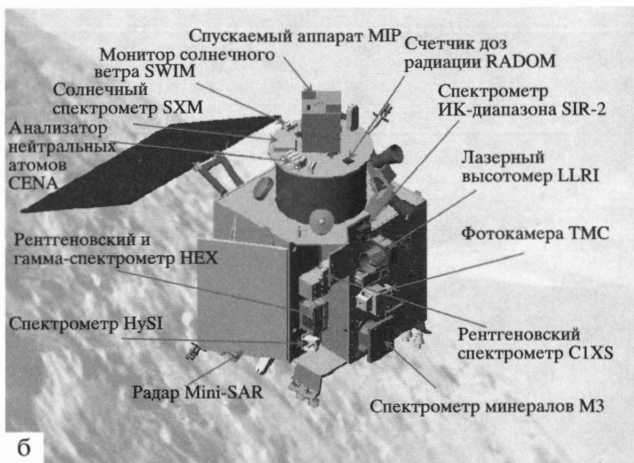
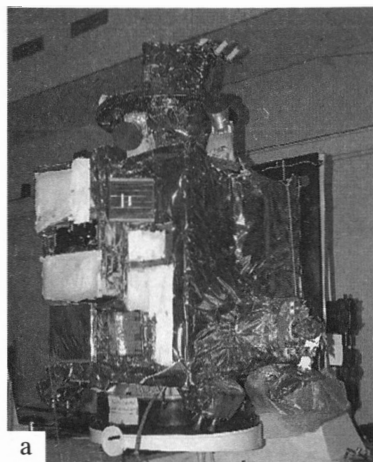
(Земля и Вселенная, 2008, №№ 1, 2, 6). 4 октября 2007 г. она вышла на орбиту ИСЛ (высота – 80×123 км, наклонение – 90° , период обращения – 118 мин). В течение года станция передала много информации, полученной 15 приборами, фотографии лунной поверхности, отличающиеся высокой четкостью. "Кагуя" обнаружила на обратной стороне Луны следы вулканической деятельности. Ученые из Японии, США и Швейцарии изучали снимки лунных морей, на которых можно различить детали размером до 10 м. Возраст некоторых морских отложений оценивается примерно в 2.5 млрд. лет, это свидетельствует о том, что активный вулканизм на спутнике Земли сохранялся значительно дольше, чем считалось ранее, и мог эпизодически возобновляться. Субспутники "Окина" ("Okina", ретранслятор; находится на

орбите высотой 115×2390 км, его период обращения – 245 мин) и "Оуна" ("Ouna", научный; высота орбиты – 127×795 км, период обращения – 154 мин) заняты картографированием гравитационного поля Луны. Программа исследований рассчитана до июня 2009 г.

16. "Доун" ("Dawn", США). АМС запущена 27 сентября 2007 г. (Земля и Вселенная, 2008, № 1, с. 96–97). Станция летит к астероидам Весте и Церере, чтобы измерить их массу, форму, гравитационные поля, исследовать рельеф поверхности, тектоническую эволюцию и минеральный состав. Главная цель миссии – выяснить, как сформировались эти астероиды в раннюю эпоху развития Солнечной системы. 18 февраля 2009 г. АМС совершила пертурбационный пролет вблизи Марса и отправилась к Весте, с которой сблизится в

августе 2011 г. До апреля 2012 г. станция будет исследовать Весту с орбиты искусственного спутника этого астероида высотой 120×700 км. В феврале 2015 г. АМС "Доун" должна выйти на орбиту искусственного спутника Цереры высотой 140×860 км. Затем, возможно, АМС будет направлена и к астероиду Палладе.

17. "Чанъэ-1" ("Chang'e-1", Китай). АМС запущена к Луне 24 октября 2007 г. (Земля и Вселенная, 2008, №№ 2, 6). 6 ноября станция вышла на первоначальную орбиту ИСЛ, 12 ноября – на рабочую орбиту высотой 213×1700 км, наклонением 64° , периодом обращения 210 мин. 19 ноября начались исследования Луны. Станция оснащена кроме стереокамеры шестью научными приборами, созданными в сотрудничестве с Россией и ESA, в число которых входят система формирования изоб-



Индийская лунная АМС "Чандраян-1": а) проверка систем на космодроме Шрихарикота перед запуском; б) расположение научных приборов на станции. Фото и рисунок ISRO.

ражений, интерферометр и лазерный альтиметр; с их помощью специалисты надеются составить объемную карту участков поверхности Луны. Китайская национальная космическая администрация (CNSA) сообщила, что стереокамера "Чаньэ-1" в течение 2008 г. фотографировала отдельные участки лунной поверхности. Программа исследований рассчитана до 30 ноября 2009 г.

18. "Чандраян-1" ("Chandrayaan-1", Индия). АМС "Чандраян-1" ("Chandrayaan-1" – лунный корабль) стартовала к Луне 22 октября 2008 г. с помощью РН "PSLV-C11" с космодрома им. Сатиша Дхавана на острове Шрихарикота в Бенгальском заливе. После пяти маневров на высокоэллиптической околоземной орбите "Чандраян-1" 8 ноября вышла на первоначальную селеноцентрическую орби-

ту: высота – 504×7502 км, наклонение – 89.6° , период обращения – 9 ч 37 мин. Она стала первым индийским ИСЛ. После четырех тормозных импульсов станция 12 ноября перешла на рабочую круговую орбиту Луны высотой 102×103 км, наклонением 90° и периодом обращения 117.6 мин.

Эта станция создана Индийской организацией космических исследований (ISRO) на основе метеорологического спутника "Kalpanasat". АМС представляет собой куб с ребром 1.5 м, его стартовая масса – 1304 кг, масса на орбите ИСЛ – 523 кг. Солнечная батарея вырабатывает 750 Вт электроэнергии и заряжает литиевые батареи. Двигательная установка состоит из восьми микродвигателей ориентации и маршевого двигателя тягой 440 Н для маневров на околоземной и окололунной орбитах, поддержания

заданной рабочей орбиты ИСЛ. Система связи передает информацию по двум каналам с помощью остро-направленной и малонаправленной радиоантенн. На АМС установлен спускаемый аппарат MIP (Moon Impact Probe – зонд внедрения в Луну) размером $0.37 \times 0.37 \times 0.47$ м и массой 35 кг. При спуске и прилунении MIP использует микродвигатели и радарный высотомер, после посадки на Луну масс-спектрометром изучается химический состав грунта, производится съемка места прилунения. АМС снабжен 11 научными приборами общей массой 55 кг. Четыре из них индийские – панхроматическая фотокамера TMC (Terrain Mapping Camera – камера ландшафтных карт), спектрометр HySI (Hyper Spectral Imager – формирование спектральных изображений), прибор HEX (High Energy X-ray/gamma-ray detector – детектор

рентгеновских лучей высоких энергий и гамма-лучей) и лазерный высотомер LLRI (Lunar Laser Ranging Instrument – лунный лазерный инструмент). Два прибора сделаны в США – спектрометр M3 (Moon Mineralogy Mapper – картографирование минералов Луны) и радар с синтезированной апертурой Mini-SAR (Mini Synthetic Aperture Radar), два в Англии – рентгеновские спектрометры CIXS (Chandrayaan-1 X-ray Spectrometer – спектрометр рентгеновского отображения) и SXM (Solar X-ray Monitor – солнечный рентгеновский монитор). По одному прибору изготовили в Германии – SIR-2 (Near Infra Red Spectrometer – спектрометр ближнего ИК-диапазона), Болгарии – RADOM (Radiation Dose Monitor Experiment – эксперимент мониторинга доз радиации) и Швеции – SARA (Sub Atom Reflecting Analyser – отражающий анализатор атомов низкой энергии), который состоит из анализато-

ра нейтральных атомов CENA (Chandrayaan-1 Energetic Neutrals Analyzer) и монитора солнечного ветра SWIM (Solar Wind Monitor). Для картографирования Луны проводится фотосъемка полос поверхности шириной 40 км (разрешение 5 м). Спектрометр HySI (диапазон 400–900 нм) изучает минералы с пространственным разрешением 80 м. Лазерный альтиметр LLRI используется для построения топографических карт. Спектрометры CIXS (диапазон 1–10 кэВ), HEX (10–200 кэВ) и SXM (диапазон 2–10 кэВ) предназначены для поиска Si, Al, Mg, Ca, Fe, Ti, а также U, Th, Pb и других радиоактивных элементов. SARA исследует структуру грунта, M3 и SIR-2 – состав пород, миниатюрный радар Mini-SAR зондирует лунную поверхность, RADOM исследует радиационную обстановку в окололунном пространстве. Приборы CIXS, SIR-2 и SARA ранее применялись на европейском ИСЛ

“SMART-1” (Земля и Вселенная, 2004, № 3). Программой предусмотрено создание объемного атласа Луны, поиск изотопа гелия-3 и льда в районе лунных полюсов. Информация с АМС передается в Центр дальней космической связи в Бангалоре и обрабатывается в Индийском космическом центре научных данных. Научный руководитель программы – доктор Шив Кумар.

14 ноября в 14 ч 36 мин 54 с (здесь и далее время по Гринвичу) от станции отделился спускаемый аппарат MIP, который в 15 ч 01 мин 41с произвел мягкую посадку в кратере Шаклетон около южного полюса Луны. До посадки измерялось содержание газов над Луной, после прилунения сделаны снимки. 18 ноября 2008 г. были получены первые научные данные с ИСЛ “Чандраян-1”. Программа рассчитана на два года.

II. Научные спутники*

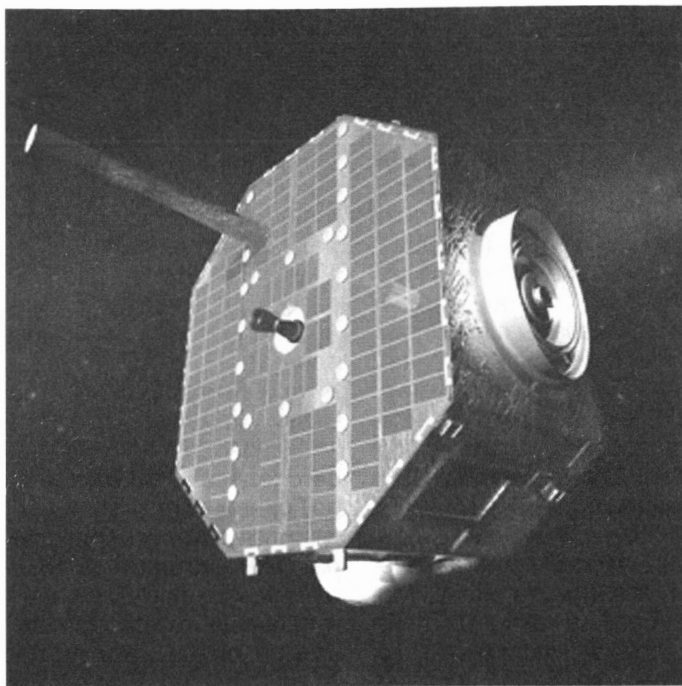
В 2007 г. запущено пять научных спутников “THEMIS” (США) для изучения магнитосферы Земли, в 2008 г. стартовала американская космическая гамма-обсерватория им. Э. Ферми (“GLAST”; Земля и Вселенная, 2008, № 5, с. 58).

Новый научный ИСЗ “Айбекс” (“IBEX”, США) запущен 19 октября 2008 г. Это был воздушный старт

КА, который осуществили специалисты компании Orbital Sciences Corporation. Самолет-носитель L-1011 “Stargazer” взлетел в 16 ч 51 мин с аэродрома на атолле Кваджелейн (Маршалловы острова) в Тихом океане. На его борту находилась PH “Pegasus-XL” со спутником “IBEX” (Interstellar Boundary Explorer – исследователь межзвездных

границ). Ракета стартовала в 17 ч 47 мин 22 с, спустя 9 мин спутник отделился от последней ступени носителя и вышел на околоземную круговую орбиту высотой 232 км, наклонением 98.09° и периодом обращения 89.13 мин. 31 октября его перевели на рабочую высокоэллиптическую орбиту высотой 7 тыс. × × 320 тыс. км, наклонени-

* Продолжение. Начало см.: 1996, № 3; 1997, № 2; 2000, № 4; 2001, № 5; 2002, № 1; 2003, № 1; 2004, №№ 1, 3; 2005, №№ 2, 6; 2006, №№ 2, 4; 2007, № 5.



Американский научный ИСЗ "Ай-бекс" ("IBEX"). Рисунок NASA.

ем 11° и периодом обращения 8 сут. Форма ИСЗ "Ай-бекс" – восьмигранник (высота – 52 м, ширина – 0.97 м), стартовая масса – 462 кг, на орбите – 107 кг. Он создан специалистами NASA, приборы изготовил Юго-Западный исследовательский институт в Сан-Антонио (штат Техас), научную программу разработали Бостонский универси-

тет и Университет Нью-Гемпшира. С российской стороны в проекте участвуют МГУ, ИКИ РАН и Институт проблем механики РАН. Научная аппаратура включает два датчика энергичных нейтральных атомов (ЕНА) – детектор IBEX-Lo "ловит" частицы с энергиями от 10 эВ до 2 кэВ, другой детектор, IBEX-Hi, регистрирует ча-

стицы с энергиями от 300 эВ до 6 кэВ. Орбита ИСЗ рассчитана так, что за полгода работы он построит трехмерную карту гелиосферы. В отличие от АМС "Вояджер-1 и -2", пересекших границу ударной волны (termination shock), находящуюся на расстоянии примерно 90 а.е., "Ай-бекс" должен получить более полную картину взаимодействия солнечного ветра с межзвездной средой (Земля и Вселенная, 2005, № 4, с. 45). Программа рассчитана минимум на два года.

По материалам NASA, JPL, ESA, Astrium, ISAS, JAXA, CNES, ISRO, Центра космических полетов им. Р. Годдарда, Университетов Калифорнии и Бостона, информагентств, интернет-сайтов "Астронет" и "Space News", журналов "Spaceflight" и "Новости космонавтики" за 2007–2008 гг.

Подготовил С.А. Герасютин

Информация

22-й полет "Индедора"

15 ноября 2008 г. в 0 ч 55 мин 39 с (здесь и далее время по Гринвичу) с космодрома на мысе Канаверал осуществлен запуск космического корабля

многоразового использования "Индевор" ("Endeavour") по программе STS-126. Это 124-й полет кораблей «Спейс Шаттл» и 27-й в рамках строительства МКС. Через 30 с после старта оторвался кусок термоизоляции от корпуса корабля, что не повлияло на ход полета.

Главной задачей миссии "Индедора" была подготовка МКС к постоянной работе на ее борту экипажа из шести че-

ловек, смена третьего члена экипажа, четыре выхода в открытый космос для работы на внешней поверхности американского сегмента, а также возвращение оборудования и доставка на Землю результатов экспериментов. Доставленное в модуль MPLM "Леонардо", играющем роль контейнера для перевозки грузов (Земля и Вселенная, 2002, № 1, с. 59), оборудование установлено в

жилых отсеках станции, после чего модуль “Леонардо” возвращен в грузовой отсек корабля.

В составе экипажа корабля **семь** американских астронавтов: командир К. Фергюсон, пилот Э. Боу и специалисты полета Д. Петтит, С. Боуен, Х. Стефанишин-Пайпер, Р. Кимброу, С. Магнус. **Кристофер Фергюсон** (Christopher J. Ferguson; 278-й астронавт США, 444-й астронавт мира), капитан 1-го ранга ВМС США, родился 1 сентября 1961 г. в Филадельфии (штат Пенсильвания), в 1984 г. окончил Университет Дрекселя со степенью бакалавра в области машиностроения, служил в Военно-морских силах США, в отряде астронавтов NASA с 1998 г., выполнил один космический полет. **Эрик Боу** (Eric A. Voe; 310-й астронавт США, 487-й астронавт мира), полковник ВВС США, родился 1 октября 1964 г. в Майами (штат Флорида), в 1987 г. окончил Академию ВВС США, служил летчиком-истребителем на авиабазах ВВС США, в отряде астронавтов NASA с 2000 г. **Дональд Петтит** (Donald R. Pettit; 268-й астронавт США, 426-й астронавт мира) родился 20 апреля 1955 г. в Сильвертоне (штат Орегон), в 1983 г. в Университете штата Аризона получил степень доктора наук в области химических технологий, в 1984–1996 гг. работал научным сотрудником в Лос-Аламосской лаборатории (штат Нью-Мехико), в отряде астронавтов NASA с 1996 г., выполнил один космический полет. **Стивен Боуен** (Stephen G. Bowen; 311-й астронавт США, 488-й астронавт мира), капитан 1-го ранга ВМС США, родился 13 февраля 1964 г. в Кохасетте (штат Массачусетс), в 1986 г. окончил Академию Военно-морских сил США, служил на атомных подводных лодках, в отряде астронавтов NASA с 2000 г. **Хайдемари Стефанишин-Пайпер** (Heidemarie M.

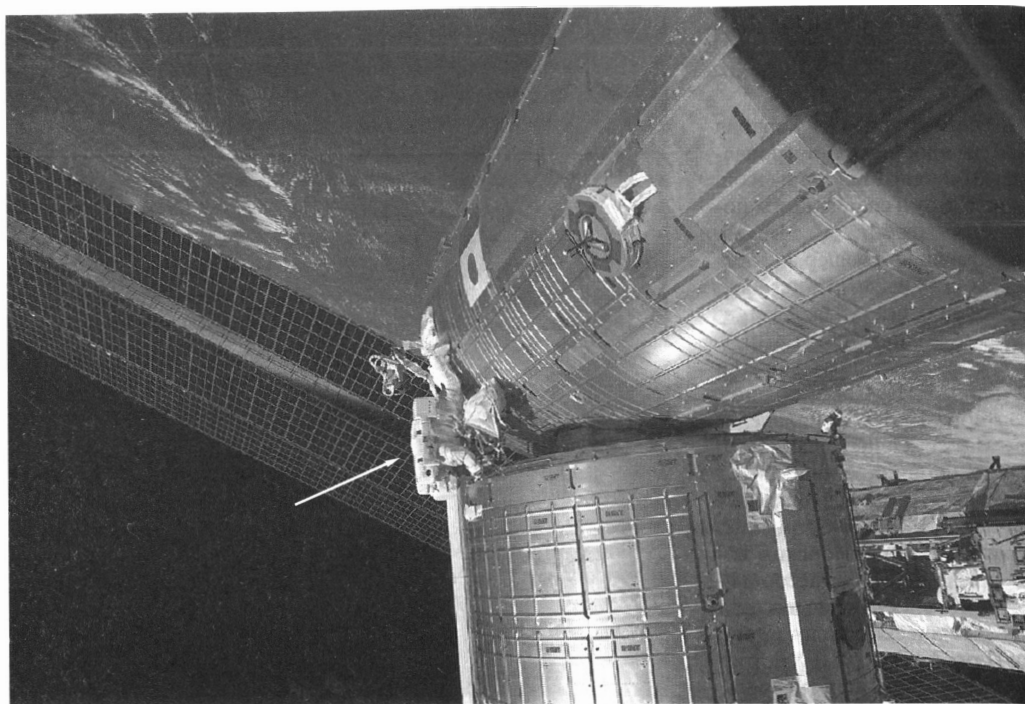


Члены 18-й основной экспедиции МКС и космического корабля «Индевор» (STS-126) на борту станции: первый ряд – С. Магнус, Ю.В. Лончаков, Г. Шамитов и М. Финк, средний ряд – Р. Кимброу, К. Фергюсон и Э. Боу, верхний ряд – С. Боуен, Х. Стефанишин-Пайпер и Д. Петтит. 21 ноября 2008 г. Фото NASA.

Stefanyshyn-Piper; 279-й астронавт США, 445-й астронавт мира), капитан 1-го ранга ВМС США, родилась 7 февраля 1963 г. в Сант-Поле (штат Миннесота), в 1984 г. окончила Массачусетский технологический институт, в 1985 г. получила степень магистра в области машиностроения, служила в Военно-морских силах США, в отряде астронавтов NASA с 1996 г., выполнила один космический полет. **Роберт Кимброу** (Robert S. Kimbrough; 312-й астронавт США, 489-й астронавт мира), подполковник Армии США, родился 4 июня 1967 г. в Киллине (штат Техас), в 1989 г. окончил Военную академию США в Вест-Пойнте, работал инженером в Космическом центре им. Л. Джонсона, в отряде астронавтов NASA с 2004 г. **Сандра Магнус** (Sandra H. Magnus; 265-й астронавт США, 421-й астронавт мира) родилась 30 октября 1964 г. в Бельвиле (штат Иллинойс), в 1986 г. окончила университет Миссури-Ролла, в 1996 г. получила степень доктора по материаловедению, в отряде астронавтов

NASA с 1996 г., выполнила один космический полет, в мае 1998 г. назначена научным координатором NASA в России.

Стартовая масса корабля “Индевор” – 121 061 кг, масса полезной нагрузки – 17,37 т, масса грузового модуля “Леонардо” – 12,7 т. Корабль вышел на орбиту высотой 342 × 351 км, наклоном 51,62° и периодом обращения 91,6 мин. **16 ноября 2008 г.** в 22 ч 01 мин корабль причалил к адаптеру РМА-2 на модуле «Гармония» МКС. Перед стыковкой “Индевор” на расстоянии около 200 м от станции совершил разворот на 360°, во время которого экипаж МКС сделал снимки внешней поверхности корабля, но никаких повреждений не обнаружили. План совместных работ рассчитан на 11 сут. **18 ноября** Х. Стефанишин-Пайпер и С. Боуен совершили первый выход в открытый космос, длившийся 6 ч 52 мин (см. стр. 3 обложки). Астронавты ремонтировали и смазали механизмы, отвечающие за вращение панелей солнечных батарей, переместили на платформу-



Астронавт С. Боуен (указан стрелкой) на правом борту американского сегмента МКС работает у японского модуля "Кибо". 24 ноября 2008 г. Фото NASA.

склад МКС доставленное кораблем оборудование. **20 ноября** во время второго выхода Х. Стефанишин-Пайпер и Р. Кимброу за 6 ч 45 мин переместили с правого борта на левый две тележки СЕТА для транспортировки оборудования и экипажа по внешней поверхности станции, смазали сочленения манипулятора Canadarm-2 (исполняет роль подъемного крана), продолжили очистку и смазку поворотных механизмов солнечной батареи правого борта американского сегмента, заменили подшипники. **21 ноября** с помощью двигателей КК "Индевор" станцию подняли на 2.3 км. **22 ноября** Х. Стефанишин-Пайпер и С. Боуен в течение 6 ч 57 мин (третий выход в открытый космос) отремонтировали поворотный

механизм одной из панелей солнечных батарей станции. За 6 ч 07 мин **24 ноября** во время четвертого выхода С. Боуен и Р. Кимброу завершили техническое обслуживание поворотных механизмов солнечных батарей, на ферме Р1 они установили телекамеру, на японском модуле "Кибо" – теплозащитное покрытие, видеокамеру, стыковочный механизм и две антенны системы GPS для обеспечения стыковки с японским автоматическим грузовым кораблем «НТВ-1», запуск которого планируется в сентябре 2009 г.

28 ноября в 15 ч 48 мин «Индевор» отстыковался от МКС. **30 ноября** в 21 ч 25 мин 06 с «Индевор» приземлился на запасном аэродроме базы ВВС США "Эдвардс". На Землю

вернулись семь астронавтов, в их числе Г. Шамитов (стартовал 31 мая 2008 г. на КК «Дискавери», STS-124; Земля и Вселенная, 2008, № 5, с. 109–111), которого сменила С. Магнус. Дождь, гроза и сильный боковой ветер на космодроме на мысе Канаверал вынудили посадить корабль в Калифорнии. Продолжительность полета – 15 сут 20 ч 29 мин 27 с.

Вахту на МКС продолжил экипаж 18-й основной экспедиции: командир М. Финк (США), бортинженеры Ю.В. Лончаков (Россия) и С. Магнус (США).

*Пресс-релизы NASA,
Роскосмос и ЦУП-М,
ноябрь 2008 г.*

Подготовил С.А. Герасютин

Юбилей ВАКО “Союз”

Г. А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор технических наук
Б. Н. КАНТЕМИРОВ,
кандидат технических наук



Всероссийское аэрокосмическое общество (ВАКО) “Союз” – молодежная организация, объединяющая любителей космонавтики, которые занимаются проектированием и изготовлением макетов и моделей ракетно-космической техники, изучают теоретические основы космонавтики и ее историю. В ноябре 2008 г. ВАКО “Союз” исполнилось 20 лет.

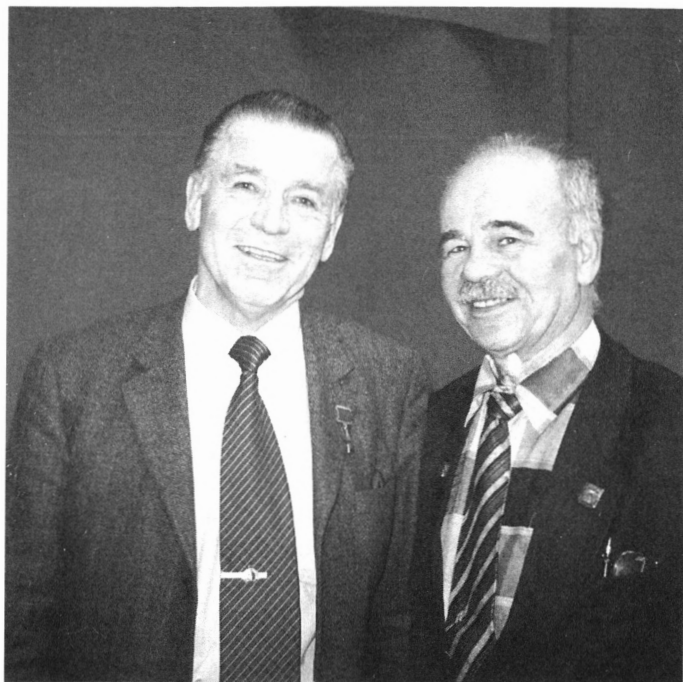
В районной газете г. Новомосковска 19 марта 1996 г. появилась заметка “Дорога в космос начинается с Земли”. В ней прекрасный педагог Виктор Матвеевич Марачев (1943–2001) высказал фантастическую мысль: “Наступит время, и в космос полетит наш новомосковец, увлеченный мальчишка из космической лаборатории Дворца детского творчества”. Прошло десять лет, и эта мечта стала реальностью. Николай Тихонов (выпускник Лаборатории радио- и аэрокосмического конструирования им. Алек-

сандра Володина) зачислен 11 ноября 2006 г. в отряд космонавтов РКК “Энергия”. Когда Николай полетит по орбите вокруг Земли, будут радоваться не только его земляки. Ведь с ним знакомы многие школьники и педагоги, регулярно участвующие в конкурсе “Космос”, который много лет проводится ВАКО “Союз”. Став лауреатом этого конкурса, Н. Тихонов в 1996 г. смог поступить в МАИ на аэрокосмический факультет (кафедра “Системный анализ и управление”), он прошел сложный путь от кружков-

ца до кандидата в космонавты-исследователи.

Ученик Виктора Матвеевича – многократный лауреат конкурса “Космос” Максим Зайцев – пришел в Лабораторию 11-летним школьником. В 2006 г. он закончил МГТУ им. Н.Э. Баумана, а сегодня работает испытателем-инструктором по внекорабельной деятельности в ЦПК им. Ю.А. Гагарина.

Почему же мы начали нашу статью с успехов Новомосковского регионального отделения ВАКО “Союз”? Потому что успехи нашего “Союза” полностью



Президент ВАКО "Союз" летчик-космонавт Герой Советского Союза А.А. Серебров и заместитель председателя правления профессор Г.А. Полтавец. 2008 г.

определяются работой на периферии. С самого рождения организации особое внимание уделялось именно регионам, оказанию помощи в работе на местах, а в этом городе даже ни одного вуза нет. Несмотря на это, в финале XXV Всероссийского конкурса "Космос" (1997), когда был впервые проведен командный зачет, победителем стал Новоосковский.

Познакомились мы с В.М. Марачевым на Учредительной конференции Всесоюзного молодежного аэрокосмического общества "Союз". Как появилась и была реализована идея создания этой добровольной массовой молодежной учебно-научной общественной организации?

Работой с молодежью в масштабах страны серьезно занималась Федерация

космонавтики (ФК) СССР. Так, в рамках радиопередачи "На космических орбитах", которую вел президент ФК дважды Герой Советского Союза космонавт Н.Н. Рукавишников вместе с профессором МАИ Г.А. Полтавцом, была организована очно-заочная школа "Юный космонавт". В 1987 г. среди школьников проведен всесоюзный конкурс, посвященный 30-летию запуска Первого ИСЗ (Земля и Вселенная, 1988, №№ 2 и 4). Радиопередача выходила в эфир дважды в месяц на главной, первой, программе Всесоюзного радио. Победители конкурса (около 30 юношей и девушек) приглашались летом на очную сессию, проходившую в пионерском лагере МАИ "Ястребок" (Земля и Вселенная,

1989, № 1; 1990, № 2). Заочные задания по предложению заместителя главного редактора Е.П. Левитана публиковались в журнале "Земля и Вселенная" (1988, №№ 3–6; 1989, №№ 1–6; 1990, №№ 1, 2, 5; 1991, №№ 2, 6; 1996, № 4; 1997, № 5; 1998, № 1).

Обширная почта, поступавшая в радиоредакцию и в журнал "Земля и Вселенная", позволила установить, что работой со школьниками, интересующимися космонавтикой, занимаются во многих городах Советского Союза. Авторы писем предлагали объединить энтузиастов.

Вспомним некоторые страницы истории создания и последующей двадцатилетней жизни ВАКО.

В декабре 1986 г. по приглашению Комитета молодежи организаций СССР нашу страну посетила делегация Совета молодыхastrонавтов США во главе с исполнительным директором У. Баттлером. С ним наладил тесный контакт космонавт Герой Советского Союза А.А. Серебров. С этой делегацией встречался и Б.Н. Кантемиров. В Мемориальном музее космонавтики (Москва) прошла встреча, в которой приняли участие первый начальник ЦПК полковник меди-

цинской службы Е.А. Карпов, заслуженный летчик-испытатель М.Л. Галлай, астронавт США Р. Швейкарт и Н.Н. Рукавишников.

Об американцах на страницах "Комсомольской правды" (4 мая 1988 г.) рассказала Г. Чернакова в статье "Отроки без Вселенной". Она, опираясь на мнение А.А. Сереброва, предложила создать в нашей стране организацию, подобную американской. Статью прокомментировала секретарь ЦК ВЛКСМ Л.И. Швецова (выпускница Харьковского авиационного института): *"О создании такого рода организации шла речь на XX съезде ВЛКСМ"*. Были названы девять возможных организаций-учредителей. Министр общего машиностроения В.Х. Догужиев поддержал комсомольского вожака. Л.И. Швецова многократно пропагандировала космонавтику на страницах газет "Комсомольская правда" (9 августа 1988 г.), "Воздушный транспорт" (18 августа 1988 г.), "Советский патриот" (25 сентября 1988 г.), а также в журналах "Авиация и космонавтика" (1988, № 10) и "Крылья Родины" (1988, № 10).

Об этом же написал А.А. Серебров в газете "Социалистическая индустрия" (21 октября 1988 г.). К идее объединения юных космонавтов в "Союз" под-



ключились в 1988 г. "Пионерская правда" (16 и 28 июля; 18 и 28 августа; 10 и 27 сентября), а также многие другие центральные и областные газеты.

Была создана Рабочая группа для разработки концепции и проекта Устава, организации Учредительного съезда. Ее возглавил заместитель заведующего отделом ЦК ВЛКСМ А.И. Парамонов. В группе работали В.Н. Боровишки (журнал "Квант"), В.Н. Кисмерешкин (ЦК ВЛКСМ), В.М. Комаров (ЦНИИМаш), Е.П. Левитан (журнал "Земля и Вселенная"), В.В. Семёнов (АН СССР), А.А. Серебров (НПО "Энергия") и другие. Федерация космонавтики СССР направила в эту группу Б.Н. Кантемирова и Г.А. Полтавца.

После предварительной проработки идеи потребовалось собрать единомышленников, чтобы обсудить предложения в широком кругу. В июле 1988 г. в Калужской обла-

сти на базе пионерского лагеря "Звёздный" был проведен финал Всесоюзного конкурса творческих работ учащихся школ и СПТУ, который получил название "Малый Интеркосмос". Докладчики выступали в секциях "Ракетно-космическая техника", "Планетоходы", "Орбитальные станции", "Медико-биологические проблемы", "Эксперименты" и других. Собралось около 200 победителей (из них 35 девочек) республиканских и областных конкурсов из 50 городов и поселков. Членами жюри были академик О.Г. Газенко, космонавты, ученые, конструкторы, педагоги вузов. Авторы этой статьи тоже приняли участие в судействе работ юных исследователей.

В "Звёздном" впервые состоялось широкое обсуждение среди взрослых и учащихся материалов Рабочей группы. Многие предложения впоследствии были учтены при от-

работке основных документов и в ходе организации конференции. Благодаря публикациям в прессе в Оргкомитет пришло множество писем из разных регионов страны. О своем желании войти в состав "Союза" заявили 152 организации (клубы, кружки, школьные музеи космонавтики и др.), объединявшие 11 740 членов, а также 4235 человек, занимавшихся индивидуально.

6 сентября 1988 г. состоялось заседание Секретариата ЦК ВЛКСМ с повесткой дня "О подготовке и проведении Учредительной конференции Всесоюзного молодежного аэрокосмического объединения". В нем в качестве приглашенных приняли участие авторы статьи и многие члены Рабочей группы. Было принято Постановление, одоблившее предложение группы, утвержден состав оргкомитета (38 человек) и порядок проведения конференции.

Конференция прошла 1–2 ноября 1988 г. под Москвой в молодежном центре "Олимпиец" при ЦК ВЛКСМ, куда приехали около 380 делегатов из многих республик страны. В ней участвовали ответственные работники ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ЦК ВЛКСМ, представители организаций-учредителей, летчики-космонавты СССР Герои Советского Союза О.Ю. Атьков, В.Д. Зудов, Н.Н. Рукавишников, А.А. Серебров. К участникам конференции с борта станции "Мир" обратился с поздравлени-

ями экипаж третьей основной экспедиции, в который входили летчики-космонавты В. Г. Титов, М.Х. Манаров и В.В. Поляков.

Учредителями ВАКО стали ЦК ВЛКСМ, Госкомитет СССР по народному образованию, АН СССР, ВЦСПС, Комитет молодежных организаций СССР, ЦК ДОСААФ СССР, Федерация космонавтики СССР, Главкосмос СССР, Госкомитет СССР по науке и технике, ЦС Всесоюзной пионерской организации им. В.И. Ленина, Всесоюзный координационный совет Научно-технического творчества молодежи (НТТМ) и Советский Детский фонд им. В.И. Ленина.

Вел заседания конференции космонавт О.Ю. Атьков. По поручению оргкомитета с докладами выступили А.А. Серебров, Г.А. Полтавец, А.И. Парамонов. В ходе дискуссии свои мнения высказали Первый секретарь ЦК ВЛКСМ В.И. Мироненко, начальник Главкосмоса А.И. Дунаев и еще более 40 делегатов. Был утвержден устав ВАКО "Союз", избран Совет представителей, созданы три комиссии (научно-технического творчества, содержания и организации аэрокосмического образования, пропаганды и популяризации космонавтики). Президентом ВАКО избрали А.А. Сереброва, который двадцать лет бесменно работает на этом посту. Авторы статьи вошли в комиссию по образованию. Активное участие в ней принимал также Е.П. Левитан, сделавший журнал "Земля и

Вселенная" рупором идей и достижений ВАКО. В журнале появилась рубрика "Аэрокосмическое образование", в которой все эти двадцать лет печатаются материалы для юных космонавтов и о них.

Основные документы конференции были опубликованы в газете "Пропеллер" МАИ им. Серго Орджоникидзе (9 декабря 1988 г.). 15 ноября 1989 г. вышло распоряжение Совета Министров СССР о государственной поддержке "Союза", подписанное заместителем председателя правительства И.С. Белоусовым. Он возглавлял тогда Комиссию Совмина по военно-промышленным вопросам. Огромную помощь в официальном признании ВАКО оказал и его заместитель Ю.В. Мацак.

К сожалению, общество "Союз" было всесоюзным лишь три года. Но и за этот короткий срок развернулась работа на местах и в центре. Были организованы отделения во многих союзных республиках, областях и городах СССР. Члены "Союза" приняли ряд зарубежных делегаций юных космонавтов, участвовали в международных выставках и слетах в Японии, США, Кувейте, Южной Корее, Франции, Алжире и других странах.

Трудности начались в 1992 г. С этого времени первая буква аббревиатуры ВАКО стала расшифровываться как Всероссийское. Но благодаря огромным усилиям президента А.А. Сереброва удалось сохранить наше Общество. Увы, большинство обще-

ственных организаций не смогли выжить в новых, так называемых рыночных, условиях. Это касается и ряда учредителей. Однако нашлись организации и люди, которые поддерживали нас. Среди них правительство Москвы (Л.И. Швецова), правительство Московской области (Герои Советского Союза генералы Б.В. Громов и его помощник В.С. Кот), ЦПК им. Ю.А. Гагарина, Федеральный ЦТТУ, И.Д. Кобзон, космонавт И.П. Волк и многие, многие другие. Трудно представить успешное проведение конкурсов "Космос" без помощи руководителей РКК "Энергия", ЦНИИМаш, ЦУПа и Института подготовки кадров "Машприбор" в г. Королёве.

В то тяжелое время "беспризорным" остался многие годы существовавший Всесоюзный конкурс "Космос", но нам удалось подхватить эстафету работы с учащимися, поэтому он жив до сих пор. В 2008 г. финал прошел 35-й раз. Количество тематических секций возросло до одиннадцати. Это ежегодное мероприятие собирает около 50 команд из разных регионов нашей страны, участвуют в нем также представители Белоруссии, Казахстана и Украины.

Здесь следует выразить благодарность энтузиастам, ведущим работу на местах. Их много, отметим лишь некоторых из них. Высокие командные места, помимо победителей из упомянутого Новомосковска, многократно занимали ребята из Калуги (ру-

ководители А.Ю. Кононова и Ю.А. Власов) и Кабардино-Балкарии (Т.В. Науянис). Постоянно лауреатами в секции "Вычислительная техника и программирование" становятся школьники из Вологды (руководители – мать и дочь Л.А. и О.А. Гончаровы). Замечательные модели-копии ракет-носителей привозят ребята из Электростали (заслуженный тренер России В.С. Рожков) и запускают их в небо над городом, носящим имя легендарного Королёва. Макеты орбитальных станций и космических кораблей делают школьники из Новочеркасска (И.И. Шевченко), центра "Буря" из Ульяновска (Ю.И. Донин), москвичи (В.Н. Хохлов) и др.

Ребята и их педагоги ждут с нетерпением эти ежегодные встречи, тщательно к ним готовясь. Высоккоквалифицированные члены жюри, оценивая представленные работы, восхищаются теоретическими докладами, проектными разработками, любовно изготовленными макетами и моделями ракетно-космической техники. Лауреаты конкурса поступают в ведущие технические вузы страны, становятся студентами МАИ, МГТУ, МФТИ и других институтов. Они нашли свой путь в жизни. Безусловно, помощь в этом выборе следует считать высочайшим достижением педагогов системы дополнительного образования, школ, вузов и ВАКО.

Особая атмосфера дружбы и товарищества сопровождает работу "Кос-

моса". Домой ребята возвращаются с массой впечатлений, в которых особое место занимают встречи с космонавтами (рассказы о полетах, вечера вопросов и ответов, автографы и фотографии на память). Среди них советские космонавты П.Р. Попович, В.Н. Кубасов, О.Г. Макаров, Г.М. Гречко, В.Д. Зудов, В.А. Ляхов, Г.М. Стрекалов, В.П. Савиных, А.Н. Березовой, М.Х. Манаров, В.В. Поляков, С.К. Крикалёв, В.М. Афанасьев и т.д. Среди гостей конкурса были и российские космонавты А.Ю. Калери, С.В. Авдеев, Ю.В. Усачёв, А.И. Лазуткин, Ю.М. Батурин и другие.

В последние годы часто приезжает на эти удивительные встречи генерал-майор В.Г. Довгань со своими коллегами. Они дистанционно управляли из Центра дальней космической связи (Евпатория) двумя советскими луноходами.

Многие космонавты общались с ребятами, находясь на борту орбитальных станций "Мир" и МКС. Победителей конкурса приглашали в ЦУП на сеанс телевизионной связи с экипажами станций. Шел интересный диалог между специалистами разного возраста, но одинаково влюбленными в космос.

О каждом финале, собиравшем более 200 участников, можно написать большую статью. Например, в 29-м финале в 2001 г. участвовало 46 команд. Этот финал был посвящен 40-летию полета Юрия Га-



Модель-копия пусковой установки зенитного ракетного комплекса "С-300 ПМУ-1", изготовленная лауреатами конкурса "Космос-XXIX" Дмитрием Холодом, Евгением Савельевым и Андреем Ледяном (руководитель А.В. Савельев, Новомосковск). 2001 г.

гарина. На 11 тематических секциях было рассмотрено 197 работ (авторы – 72 девушки и 178 юношей), из которых 51 работа признана лауреатской (27 команд). При подведении командных итогов оказалось, что три региональных отделения ВАКО (Калужское, Кабардино-Балкарское, Новомосковское) подготовили по пять лауреатских работ.

Первое место присудили Калуге.

На открытии финала летчик-космонавт Герой

России А.Ю. Калери передал ВАКО "Союз" куклу Вакошу, который почти 6.5 лет летал на орбитальной станции "Мир". Вакоша в космическом скафандре, восседающий на Большой Медведице, представляет эмблему ВАКО. Кукла была создана ребятами из кружка мягкой игрушки в Ставрополе под руководством Л.М. Юрченко и передана в ноябре 1993 г. экипажу 15-й основной экспедиции (В.М. Афанасьев, Ю.В. Усачёв, В.В. Поляков) на XXII Всероссийском конкурсе "Космос". 8 января 1994 г. Вакоша отправился в корабле "Союз ТМ-18" на орбиту. Вернулся на Землю долгожитель станции "Мир"

Космонавт А.И. Лазуткин, демонстрирующий Вакошу, с членами жюри и лауреатами секции "История развития авиации и космонавтики". Конкурс "Космос-XXX". Королёв. 2002 г.



Тренер В.Н. Хохлов со своими учениками лауреатами конкурса "Космос-XXXV" Владиславом Дроздовым (2-й слева) и Кириллом Строковым и президентом ВАКО "Союз" А.А. Серебровым. Ребята демонстрировали в полете модели-шоу "Эйфелева башня" и "Водовзводная башня Московского Кремля". 2008 г.

16 июня 2000 г. на корабле "Союз ТМ-30" вместе с экипажем последней 28-й основной экспедиции (С.В. Залётин, А.Ю. Калери). Таким образом, Вакоша стал 105-м "космонавтом", летавшим на станции "Мир".

Поддержку ВАКО "Союз" в проведении 29-го конкурса оказали Комитет общественных и межрегиональных связей правительства Москвы, правительство Московской области, Министерство образования РФ, Российское аэрокосмическое агентство, Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С.П. Королёва, Государственный космический научно-производственный центр им. М.В. Хруничева, Институт подготовки кадров "Машприбор" и другие организации.

Юные конструктора и исследователи — члены ВАКО — принимают активное участие и в других мероприятиях, проводимых различными организациями. Так, на ВВЦ ежегодно проходит выставка НТТМ, одним из участников которой является "Союз". Наши школьники принимают в нем активнейшее участие, становятся лауреатами.



Особо хочется отметить 20-летнее сотрудничество между ВАКО и Молодежным космическим центром (МКЦ) МГТУ им. Н.Э. Баумана, созданным в 1989 г. С ним связана судьба многих лауреатов конкурса "Космос", ставших студентами этого университета.

В этой связи следует также упомянуть конференцию "Космонавтика и ракетная техника", которая с 1993 г. ежегодно проводится МГТУ им. Н.Э. Баумана совместно с ВАКО. К рассмотрению принимаются рефераты, доклады, проекты, теоретические исследования, образцы приборов и устройств по 12 научно-техническим направлениям космонавтики. Огромную организационную работу выполняют руководитель МКЦ доктор технических наук В.И. Майорова и научный консультант кандидат технических наук Б.К. Ковалёв. Уникальность МКЦ состоит в том, что он поз-

воляет молодежи приобрести практические навыки и дополнительные профессиональные знания через многочисленные программы и проекты, которые здесь реализуются. За все годы через эту научно-педагогическую школу прошло более 2 тысяч школьников, студентов и аспирантов.

Другим ежегодным событием стали соревнования среди юношей по ракетомодельному спорту на Кубок имени С.П. Королёва, которые ежегодно проводятся совместно с Федерацией ракетомодельного спорта России (президент заслуженный тренер О.Л. Краснов) в апреле, открывая спортивный сезон. В 2008 г. они состоялись в одиннадцатый раз. Здесь следует отметить огромную организационную работу мастера спорта международного класса В.Н. Хохлова.

В соревнованиях, проходящих в Мещерино (Ступинский район, Москов-

ская область), участвует около 60 юных спортсменов из 15–20 команд. География российских участников весьма обширна (Москва, Московская область, Белгородская и Оренбургская области, Пермский край, Калуга, Саров, Петрозаводск, Челябинск, Нижнекамск, Урай, Якутск, Байконур, Когалым и др.). Соревнуются также юноши из Украины и Казахстана.

За эти годы проведено много мероприятий в разных городах страны. В Нижнем Новгороде это Всероссийские Чтения-конкурс памяти С.А. Каплана (Земля и Вселенная, 1997, № 6) и летний аэрокосмический лагерь в Зименках (И.Ю. Порус); международные космические лагеря, космическая школа-интернат – в Красноярском крае (Н.Н. Носков). Следует также упомянуть, что в лагере “Орлёнок” регулярно проводятся космические смены, куда съезжаются наши ваковцы. Они запускают ракеты и побеждают в различных творческих конкурсах. Таланты проявляются в многообразии достижений.

В калужской областной газете “Знамя” была организована рубрика “Аэро-

космическое образование” (ведущие Г.А. и В.А. Полтавец), в которой в 1997–1998 гг. опубликовано множество статей. В них рассказывалось об устройстве ракетно-космической техники, о знаменательных событиях, об истории космических полетов, о великих конструкторах и ученых.

В прекрасном конференц-зале МГТУ им. Н.Э. Баумана 14 ноября 2008 г. отмечалось 20-летие ВАКО “Союз”. Собралось около 100 педагогов из многих городов страны. Как и двадцать лет назад прозвучало приветствие от экипажа орбитальной станции, где в это время находились российский космонавт Ю.В. Лончаков и астронавты США М. Финк и Г. Шамитов. С поздравлением выступил космонавт дважды Герой Советского Союза член-корреспондент РАН В.П. Савиных. Он предложил печатать наши материалы и творческие работы на страницах журнала “Российский космос”, главным редактором которого является В.П. Савиных рассказал о проводимых у него на родине, в Кировской области, Детских Чтениях памяти К.Э. Циолковского.

Интересную информацию об уровне российской системы образования представил депутат Госдумы О.Н. Смолин. Он сказал, что “20 лет назад Советский Союз входил в пятерку стран с лучшим человеческим потенциалом”, в нем важнейшей ценностью признавалась образованность. Сейчас Россия находится в седьмом десятке стран по этому показателю. О.Н. Смолин изложил 12 базовых принципов, выполнение которых необходимо для возвращения стране прежних образовательных позиций в мире.

Выступило более 20 участников, поделившихся достижениями региональных отделений ВАКО и предложивших пути дальнейшего развития аэрокосмического образования.

Закончим статью словами, сказанными на юбилейном вечере Т.В. Науянис: *“Позади 20 трудных, но успешных лет, наполненных бескорыстным благородством, добрыми делами и свершениями”.*

Пожелаем творческих успехов педагогам и их воспитанникам, чтобы достойно встретить 25-летие ВАКО!

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: май–июнь 2009 г.

Таблица I

ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Май		
1	21	Луна в фазе первой четверти
4	7	Луна проходит в 6° южнее Сатурна
6		<i>Максимум метеорного потока η-Аквариды</i>
7	18	Меркурий переходит от прямого движения к попятному
9	4	Полнолуние
10	21	<i>Покрытие Антареса Луной, видимое в России</i>
14	3	Луна в апогее
17	5	Луна проходит в 3° севернее Сатурна
17	7	Луна в фазе последней четверти
17	18	Сатурн переходит от попятного движения к прямому
18	10	Меркурий в нижнем соединении с Солнцем
21	15	Луна проходит в 6° севернее Венеры
24	12	Новолуние
26	4	Луна в перигее
27	5	Юпитер проходит в 0.4° южнее Нептуна
29	11	Нептун переходит от прямого движения к попятному
30	15	Меркурий переходит от попятного движения к прямому
31	3	Луна в фазе первой четверти
31	12	Луна проходит в 6° южнее Сатурна
Июнь		
5	22	Венера в наибольшей западной элонгации (46°)
7	18	Полнолуние
10	16	Луна в апогее
13	13	Меркурий в наибольшей западной элонгации (23°)
13	15	Луна проходит в 3° севернее Юпитера
15	19	Юпитер переходит от прямого движения к попятному
15	22	Последняя четверть
19	13	Луна проходит в 6° севернее Марса
21	6	Летнее солнцестояние
21	12	Венера проходит в 2° южнее Марса
22	20	Новолуние
23	11	Луна в перигее
27	21	Луна проходит в 6° южнее Сатурна
29	12	Первая четверть

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

ЭФЕМЕРИДЫ СОЛНЦА

Дата		α		δ		$\varphi = 45^\circ$		$\varphi = 55^\circ$		$\varphi = 65^\circ$	
		ч	м	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Май	1	02	33	+15	01	04.50	19.08	04.21	19.37	03.27	20.32
	11	03	12	+17	49	04.37	19.20	04.01	19.56	02.50	21.06
	21	03	51	+20	08	04.26	19.31	03.43	20.14	02.15	21.42
	31	04	32	+21	53	04.18	19.41	03.30	20.29	01.42	22.18
Июнь	10	05	13	+23	00	04.14	19.49	03.23	20.40	01.14	22.49
	20	05	54	+23	26	04.14	19.53	03.21	20.46	01.01	23.06
	30	06	36	+23	11	04.17	19.54	03.25	20.46	01.13	22.59

Примечание. В таблице дано среднее солнечное время и указаны экваториальные координаты: α – прямое восхождение, δ – склонение, φ – широта наблюдателя.

Пример. Определить время восхода Солнца 25 июня 2009 г. в Москве (широта $55^\circ 45'$, долгота $2^\circ 30'$). Пользуясь таблицей II, интерполируем по широте и дате значение времени захода Солнца на 25 июня, получаем $3^\circ 17'$. Вычтем из него долготу места, прибавим номер часового пояса, один час для учета декретного времени и один час для учета летнего времени, получаем $4^\circ 47'$.

Таблица III

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата	α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт			Период	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Меркурий												
Май	1	03	48.4	+22	44	0.9	8.9	0.25	1.0	0.7	–	Вечер
	11	03	54.6	+21	28	3.7	11.2	0.05	–	–	–	
	21	03	36.3	+17	38	5.7	12.1	0.01	–	–	–	
	31	03	25.2	+14	55	2.3	10.8	0.12	–	–	–	
Июнь	10	03	40.0	+15	36	0.8	8.8	0.30	–	–	–	
	20	04	21.1	+18	48	–0.1	7.0	0.51	–	–	–	
	30	05	27.7	+22	28	–0.9	5.8	0.77	–	–	–	
Венера												
Май	1	00	05.7	+02	13	–4.7	39.6	0.25	1.8	1.3	–	Утро
	11	00	28.7	+02	59	–4.7	33.8	0.33	1.9	1.3	–	Утро
	21	00	58.0	+04	49	–4.6	29.3	0.40	2.0	1.3	–	Утро
	31	01	31.5	+07	21	–4.5	25.7	0.46	2.2	1.5	–	Утро
Июнь	10	02	08.2	+10	16	–4.4	22.9	0.52	2.3	1.7	–	Утро
	20	02	47.6	+13	17	–4.3	20.7	0.57	2.6	2.1	–	Утро
	30	03	29.6	+16	09	–4.2	18.8	0.61	2.8	2.4	–	Утро

Таблица III (окончание)

Дата	α		δ		m	d	f	Продолжительность видимости для разных широт			Период	
	ч	м	°	'				45°	55°	65°		
Марс												
Май	1	00	25.2	+01	30	1.2	4.5	0.96	—	—	—	
	11	00	53.5	+04	33	1.2	4.5	0.95	—	—	—	
	21	01	21.7	+07	29	1.2	4.6	0.95	0.3	—	—	Утро
	31	01	50.0	+10	17	1.2	4.7	0.94	0.8	—	—	Утро
Июнь	10	02	18.5	+12	54	1.1	4.8	0.94	1.2	—	—	Утро
	20	02	47.1	+15	17	1.1	4.8	0.93	1.6	—	—	Утро
	30	03	16.0	+17	24	1.1	4.9	0.93	2.1	0.6	—	Утро
Юпитер												
Май	1	21	45.3	−14	14	−2.1	37.8	0.99	2.8	1.7	—	Утро
	11	21	50.0	−13	52	−2.2	39.0	0.99	3.2	2.1	—	Утро
	21	21	53.6	−13	36	−2.2	40.2	0.99	3.7	2.5	—	Утро
	31	21	56.1	−13	25	−2.3	41.6	0.99	4.2	3.0	—	Утро
Июнь	10	21	57.4	−13	21	−2.4	42.9	0.99	4.8	3.5	—	Утро
	20	21	57.5	−13	24	−2.4	44.3	0.99	5.4	4.2	—	Утро
	30	21	56.3	−13	33	−2.5	45.6	0.99	6.2	4.9	—	Утро
Сатурн												
Май	1	11	08.2	+06	29	0.8	18.9	1.00	7.7	7.1	5.0	Вечер
	11	11	07.4	+06	48	0.8	18.6	1.00	6.8	6.2	3.3	Вечер
	21	11	07.3	+07	07	0.9	18.3	1.00	5.9	5.2	—	Вечер
	31	11	07.9	+07	24	0.9	18.0	1.00	5.1	4.2	—	Вечер
Июнь	10	11	09.0	+07	38	1.0	17.7	1.00	4.3	3.3	—	Вечер
	20	11	10.8	+07	49	1.0	17.4	1.00	3.5	2.4	—	Вечер
	30	11	13.1	+07	57	1.0	17.1	1.00	2.8	1.5	—	Вечер

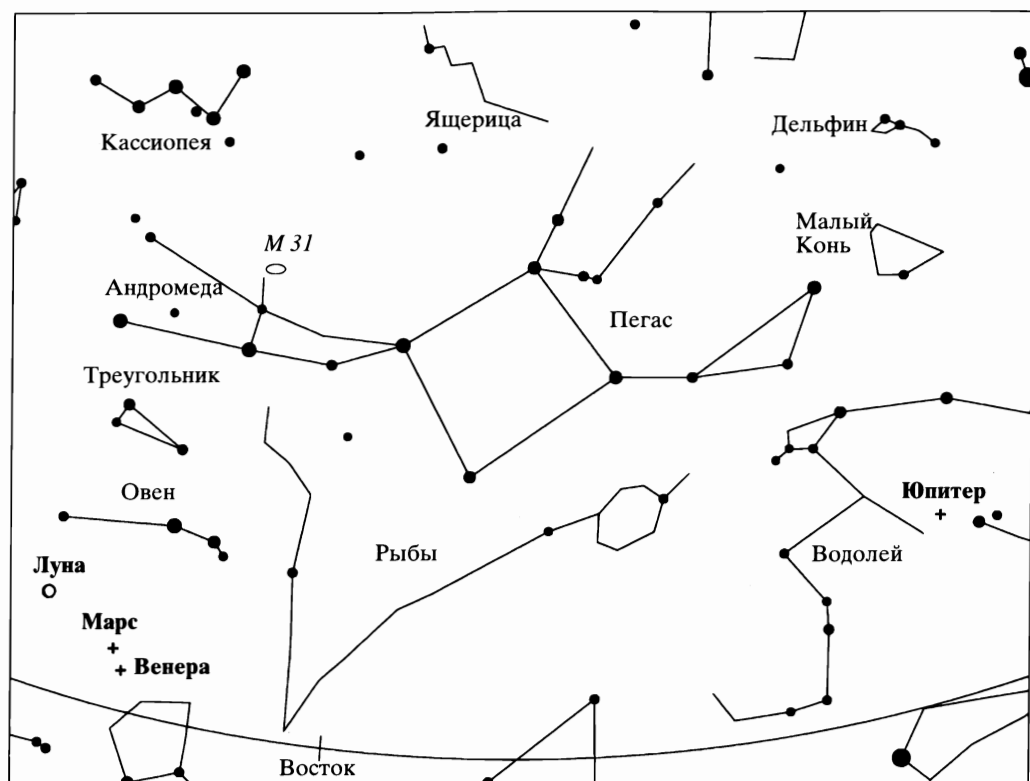
Примечание. Координаты даны на момент 0^ч по Всемирному времени; m – видимая звездная величина, d – видимый диаметр, f – фаза.

ВИДИМОСТЬ ПЛАНЕТ

В начале мая завершится период вечерней видимости **Меркурия**. Ближайшая к Солнцу планета прошла точку наибольшей восточной элонгации еще 26 апреля и с тех пор приближается на небе к Солнцу. Наблюдатели на юге России могут попытаться увидеть к востоку от Меркурия звездное скопление Плеяды. Яркий фон вечерней зари мешает увидеть планету на севере страны. Стремительно теряя в блеске, Меркурий

вскоре покинет вечернее небо сначала в средних широтах, а затем и на юге страны. 18 мая Меркурий вступит в нижнее соединение с Солнцем. Очередной период утренней видимости в июне 2009 г., к сожалению, будет неблагоприятным для наблюдений из Северного полушария нашей планеты.

Вступающий в силу период “белых ночей” мешает увидеть **Венеру** на севере России, но и южнее условия видимости будут не слишком благоприятными. В мае Венера окажется низко над гори-



Вид юго-восточной части звездного неба в Москве 20 июня в 3^ч 30^м по московскому времени. Отмечено положение Венеры, Марса, Юпитера и Луны.

зонтом незадолго до восхода Солнца. Яркий блеск (-4.7^m) даст возможность различить Венеру на фоне утренней зари. Значительный угловой размер планеты позволит увидеть ее фазу даже с помощью бинокля. 5 июня состоится наибольшая западная элонгация Венеры, но даже тогда из-за низкого расположения эклиптики по утрам условия видимости улучшатся незначительно. Лишь у наблюдателей на юге России во второй половине июня появится шанс увидеть Венеру на темном фоне неба.

Недалеко от Венеры на небе расположится **Марс**, но из-за гораздо более слабого блеска увидеть Красную планету будет значительно труднее чем Венеру. В течение мая–июня 2009 г. угловое расстояние между планетами не превысит 7° , наиболее тесное сближение состоится 21 июня, когда Венера пройдет всего в 2° южнее Марса. В этот момент Венера

превзойдет Марс по яркости почти в 150 раз.

Другая планета, доступная наблюдениям по утрам, – **Юпитер**. В преддверии смены прямого движения на попятное 15 июня планета-гигант находится поблизости от звезды μ Козерога (5.1^m), 20 мая расстояние между ними составит менее 5° . Условия видимости планеты постепенно улучшатся. Если в начале мая видимость планеты на широте Москвы не превысит и двух часов, то уже в конце июня Юпитер будет виден почти всю короткую летнюю ночь, восходя над горизонтом до местной полуночи.

Галилеевы спутники Юпитера доступны наблюдениям в бинокль. Их эфемериды, а также моменты затмений и покрытий в системе спутников Юпитера можно рассчитать, пользуясь сайтом Службы естественных спутников планет (<http://lnfm1.sai.msu.ru/heb/nss/nssephmr.htm>).

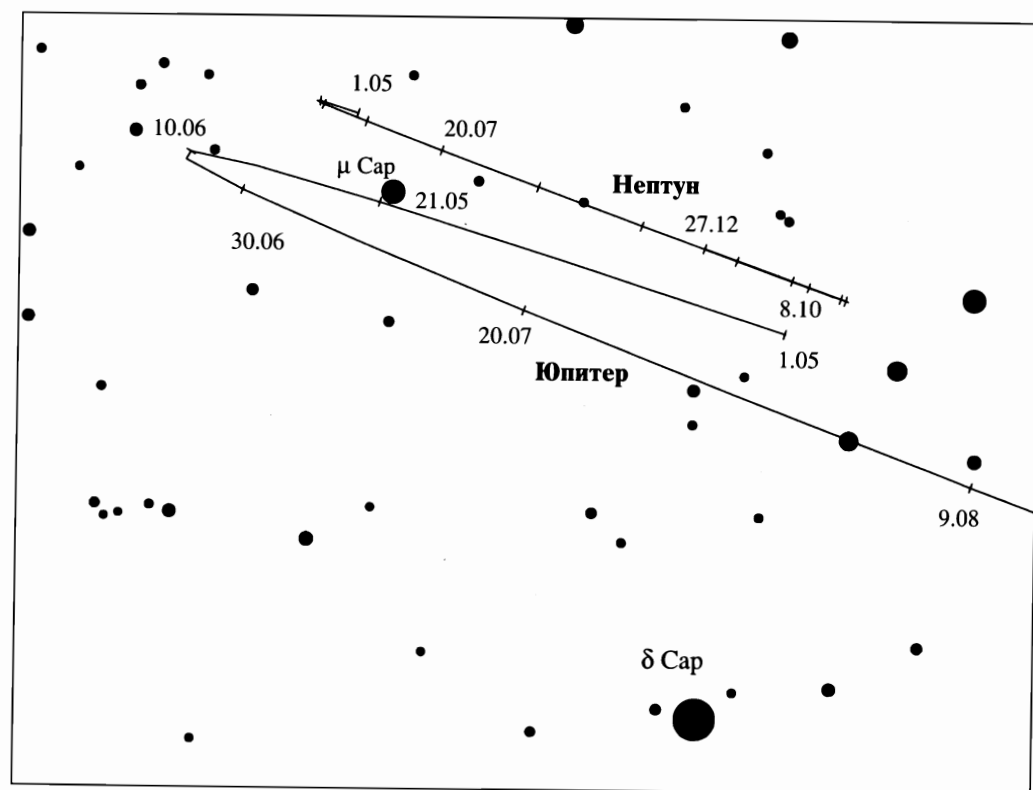
СПУТНИКИ ЮПИТЕРА

Спутник	Блеск	Элонгация	Период
	m	'	сут.
Ио	4.9	2.4	1.769
Европа	5.1	3.8	3.551
Ганимед	4.4	6.1	7.155
Каллисто	5.5	10.8	16.69

Примечание. Блеск и наибольшая элонгация даны для момента противостояния Юпитера 14 августа.

Недалеко от Юпитера на небе будет виден **Нептун**. Для его поисков понадобится бинокль или любительский телескоп. Противостояние планеты произойдет 17 августа. Максималь-

ное сближение Юпитера и Нептуна состоится 27 мая, в этот день угловое расстояние между планетами составит 0.4° , что меньше размера диска нашей Луны.



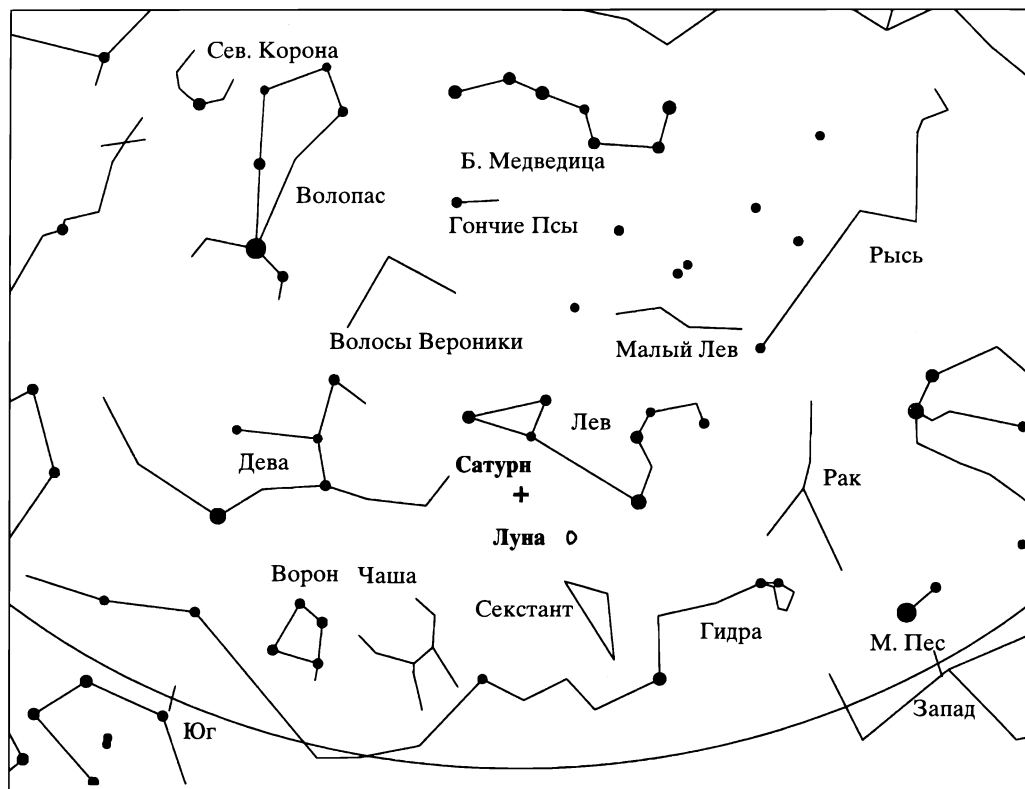
Видимый путь Нептуна среди звезд в мае–декабре 2009 г. и Юпитера в мае–августе 2009 г.

ЭФЕМЕРИДЫ НЕПТУНА

Дата	α		δ		m	d
	ч	м	°	'		
Май 1	21	54.0	-13	10	7.9	2.4
31	21	54.9	-13	06	7.9	2.5
Июнь 30	21	53.8	-13	12	7.9	2.5
Июль 30	21	51.4	-13	26	7.8	2.5
Август 29	21	48.3	-13	42	7.8	2.5
Сентябрь 28	21	45.5	-13	57	7.8	2.5
Октябрь 28	21	44.1	-14	04	7.9	2.5
Ноябрь 27	21	44.6	-14	01	7.9	2.4
Декабрь 27	21	47.0	-13	49	8.0	2.4

Единственной планетой, видимой в вечернее время, станет Сатурн. Противостояние планеты прошло еще 8 марта, и с тех пор с каждым днем условия наблюдений ухудшались. За два месяца

продолжительность видимости Сатурна в средних широтах сократится с 7 до 1.5 ч. Эта планета-гигант медленно перемещается по созвездию Льва, сменив 17 мая попятное движение на прямое. Блеск



Вид юго-западной части звездного неба в Москве 4 мая в полночь по московскому времени. Отмечено положение Сатурна и Луны.

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ВИДИМОСТИ ПОКРЫТИЯ АНТАРЕСА ЛУНОЙ 10 МАЯ 2009 Г.

Город	Покрытие				Открытие			
	ч	м	с	Высота, °	ч	м	с	Высота, °
Белгород	19	58	08	4	20	18	37	6
Брянск	—	—	—	—	20	13	50	3
Черкесск	19	50	39	11	20	27	16	14
Элиста	20	09	01	12	20	18	14	13
Грозный	19	59	06	14	20	28	15	16
Краснодар	19	45	04	8	20	26	08	13
Курск	20	02	31	4	20	15	52	5
Майкоп	19	46	33	9	20	26	46	13
Махачкала	20	04	48	15	20	27	57	17
Нальчик	19	52	45	12	20	28	24	16
Назрань	19	55	34	13	20	28	46	16
Ростов-на-Дону	19	54	18	8	20	22	49	11
Смоленск	—	—	—	—	20	14	45	1
Ставрополь	19	53	09	11	20	25	52	14
Владикавказ	19	54	35	13	20	29	09	16

Сатурна лишь ненамного превысит блеск Регула (1.4^m), ярчайшей звезды созвездия. Это вызвано необычно малым углом наклона плоскости колец к лучу зрения наблюдателя на Земле.

ПОКРЫТИЯ АНТАРЕСА ЛУНОЙ

Вечером 10 мая на юге европейской части России будет наблюдаться покры-

тие α Скорпиона (1.1^m) полной Луной (фаза 0.97). Покрытие произойдет у светлого края нашего спутника, выход звезды из-за лунного диска состоится у неосвещенного лимба.

Д.А. ЧУЛКОВ
ГАИШ МГУ

Информация

Новое об экзопланетах

В апреле 2008 г. была открыта самая горячая экзопланета – **WASP-12b** (масса 1.12 $M_{\text{Юп}}$) – с помощью телескопа Super-WASP (Super Wide Angle Search for Planets – поиск планет в широком секторе), предназначенного для обнаружения экзопланет. Она расположена недалеко от звезды – на расстоянии 0.02 а.е. (в 40 раз ближе, чем Земля к Солнцу), период обра-

щения – 1.09 сут (Земля и Вселенная, 2009, № 1). Близостью к звезде объясняется очень высокая температура экзопланеты (2250°C). До обнаружения WASP-12b самой горячей экзопланетой считалась HD 149026b, ее температура – 2040°C. Все другие известные экзопланеты располагаются дальше от своих звезд и температура их поверхности значительно ниже.

В 2008 г. астрономам удалось обнаружить экзопланету массой около 5 $M_{\oplus}$ вблизи красного гиганта HD 102272. По наблюдениям с помощью 9.2-м телескопа Hobby-Eberly Telescope в Мак-Дональдской обсерватории (штат Техас), у

этой звезды, расположенной на расстоянии 1200 св. лет от Земли в созвездии Льва, есть две экзопланеты (массы 2.6 и 5.9 $M_{\text{Юп}}$). Большая экзопланета, **HD 102272 b**, расположена ближе к звезде – на расстоянии 0.614 а.е., ее период обращения 127.58 сут (Земля и Вселенная, 2009, № 1). HD 102272 b вскоре может упасть на красный гигант. Если открытие подтвердится, то звездная система HD 102272 станет первой, состоящей из нескольких планет, вращающихся вокруг красного гиганта.

Пресс-релиз Техасского
университета,
20 ноября 2008 г.

Метеорологические рекорды ноября и декабря 2008 г.

В конце минувшего лета Росгидромет предполагал, что зима 2008/09 г. будет холодной, а она началась в Москве с рекордно высоких для этого времени года температур и столь же необычно низкого атмосферного давления.

23 ноября в Москве отмечено два метеорологических рекорда: максимальной температуры и минимального атмосферного давления. В этот день температура воздуха между 10 и 11 часами московского времени повысилась до рекордного значения $+10.5^{\circ}\text{C}$. Самый теплый день 23 ноября наблюдали последний раз 85 лет назад, в 1923 г., когда значение максимальной температуры составило $+9.3^{\circ}\text{C}$. В уходящем году этот максимум превышен более чем на один градус.

На 23 ноября 2008 г. пришелся и чрезвычайно низкий уровень атмосферного давления: в 13 ч атмосферное давление понизилось до 716.1 мм рт.ст. (954.8 гПа). Но самое низкое давление для этого месяца зафиксировано 25 ноября 1973 г. – 709 мм рт.ст. (945.3 гПа). Причиной всплеска тепла и падения атмосферного давления в 2008 г. стал циклон, сформировавшийся из южной атмосфер-

ной волны и ранее возникшего балтийского вихря.

Между тем сюрпризы уходящего високосного года не закончились. Начало календарной зимы оказалось очень теплым не только в Центральном регионе, в том числе в Москве, но и на большей части европейской территории и даже за Уралом. Температура в столичном регионе, а также на востоке Центрального региона, в Поволжье, на Урале и юге Коми с начала месяца была выше нормы более чем на 10 градусов.

Установившийся перенос воздушных масс юго-западного направления, то есть с Африканского континента, обогревает западную часть России и соседние с ней страны вплоть до запада Казахстана. В результате в первой десятидневке декабря неоднократно обновлялись температурные рекорды. До 8 декабря в Москве зафиксировано три температурных рекорда. В середине дня 3 декабря столбик термометров на ВДНХ, основной метеостанции столицы, остановились у отметки $+6.6^{\circ}\text{C}$. Это выше предыдущего рекорда для этого дня (1961) на 0.4°C . Температура в Москве продолжала расти и на следующий день, прекратив повышаться только к 21 ч на максимальной отметке 7.4°C . Таким стал абсолютный максимум в Москве 4 декабря (прежний рекорд температуры – в 1979 г. – составил $+6^{\circ}\text{C}$).

5 декабря рекордная температура в Москве сохранялась. Ровно 7°C измерено на станции ВДНХ. Она в среднем почти на 7° выше обычной и соответ-

ствует московской погоде последних чисел октября. Но этот максимум был ниже, чем в 1953 г. ($+8.1^{\circ}\text{C}$). Максимальная температура в Москве, на станции ВДНХ, повысилась ровно до $+7^{\circ}\text{C}$. Так что, вопреки ожиданиям, рекордно высокой осталась максимальная температура $+8.1^{\circ}\text{C}$ за 1953 г.

6 декабря 2008 г. в Москве зафиксирован очередной температурный рекорд – ночью температура повысилась до $+9.5^{\circ}\text{C}$. Это тройной рекорд тепла: для 6 декабря, для всего месяца и для всей зимы в целом (вряд ли будет теплее). Прежде самым теплым декабрьским днем и одновременно самым теплым днем зимы считалось 15 декабря 2006 г., когда температура поднялась до $+9.2^{\circ}\text{C}$. 7 декабря температура в Москве приблизилась к абсолютному максимуму ($+7.4^{\circ}\text{C}$), но не “перешагнула” этот высокий рубеж. Затем температура стала постепенно понижаться и 10 декабря достигла точки замерзания воды.

Но настоящий зимний снег до середины декабря так и не появился. Впрочем, такое уже бывало, вспомните пушкинские строки: “Снег выпал только в январе, на третье в ночь...” В то же время густые снегопады засыпали Центральную Францию и многие штаты США, а предгорья Австрийских Альп содрогались от снежных лавин...

Л.Н. ПАРШИНА,
кандидат географических наук
Росгидромет

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ											
	70336 (индекс издания)											
	на газету на журнал											
	Земля и Вселенная											
	(наименование издания)											
	на ____ год по месяцам:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Куда											
	(почтовый индекс)						(адрес)					
Кому												
(фамилия, инициалы)												
ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА												
70336 (индекс издания)												
на газету на журнал												
ПВ	место	литер										
Земля и Вселенная												
(наименование издания)												
Стои- мость	подписки пере- адресовки	____ руб. ____ коп.		____ руб. ____ коп.		Количество комплектов						
на ____ год по месяцам:												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Куда												
(почтовый индекс)						(адрес)						
Кому												
(фамилия, инициалы)												

Информация

Азиатско-Тихоокеанское космическое агентство

Страны Азии и Южной Америки объявили 16 декабря 2008 г. о создании своего космического агентства – Азиатско-Тихоокеанской организа-

ции по космическому сотрудничеству **APSCO** (Asia-Pacific Space Cooperation Organization), штаб-квартира будет располагаться в Пекине. В состав организации вошли Бангладеш, Иран, Китай, Малайзия, Пакистан, Перу и Таиланд. Целью деятельности нового агентства является укрепление сотрудничества этих государств в области космонавтики. На церемонии открытия присутствовали делегации из Шри Ланки, Филиппин и России. Создать ана-

лог Европейского космического агентства (в настоящее время в ESA входят 18 государств) предложили Китай, Таиланд и Пакистан в 1992 г. Договор о создании этой организации подписан в 2005 г. Из стран, вошедших в организацию, успехов в освоении космоса достиг пока лишь Китай.

*Китайское информационное агентство Синьхуа,
17 декабря 2008 г.*

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал “Земля и Вселенная” вы можете с любого номера по Объединенному каталогу “Пресса России” (I полугодие 2009 г.) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

**Заведующая редакцией Г.В. Матросова
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин**

**Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина**

Сдано в набор 29.12.2008. Подписано в печать 26.02.2009. Формат бумаги 70×100¹/₁₆
Офсетная печать. Уч.-изд. л. 12.2. Усл.печ. л. 9.1. Усл.кр.-отт. 5.2 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 557 экз. Заказ № 976

Учредители: Российская академия наук, Президиум
Издатель – Академиздатцентр “Наука”,
117997 Москва, Профсоюзная, 90
Адрес редакции: 119991 Москва, Мароновский пер., 26
Телефоны: (факс) 238-42-32, 238-29-66
E-mail: zevs@naukaran.ru
Оригинал-макет подготовлен МАИК “Наука/Интерпериодика”
Отпечатано в ППП “Типография Наука”
121099 Москва, Шубинский пер., 6



